TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

2

PROGRES TEHNIC

- **CONCEPTE ȘI STRATEGII**

  Știința mecanicii și progresul tehnic contemporan
  Ingineria — confluență a tehnologiilor

- **MODERNIZAREA TEHNOLOGIILOR ȘI PRODUSELOR**

  Introducerea în practică a măsurilor de modernizare a proceselor de fabricație
  Controlul calității la Întreprinderea Electroaparataj
  Rezolvări ce pot fi aplicate și în alte întreprinderi

- **MAȘINI, UTILAJE, SDV-URI**

  Sisteme flexibile de fabricație și de montaj
  Module tipizate pentru prelucrări flexibile
  Acționări hidraulice proporționale
  Roți dințate pentru servomecanisme
  Roți dințate cu număr mic de dinți

- **MATERIALE**

  Materiale compozite. Aplicații, perspective
  Fonta cu grafit nodular bainitică
  Recuperarea deșeurilor din teflon

- **TEHNOLOGII INDUSTRIALE DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ**

  Rectificarea pieselor din bazalt
  Căile electrotehnologiei
  Producția asistată de calculator

- **INGINERIA CALITĂȚII**

  Comensurarea nivelului tehnic al produselor
  Probleme de diagnostic tehnic

- **ACTUALITĂȚI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE**

TM
CM

Scanned with OKEN Scanner

TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

2

EDITURA TEHNICĂ

București, 1987

Scanned with OKEN Scanner

Autorii materialelor publicate în acest volum:

TMCM

RADU VOINEA
FLORIN TĂNĂSESCU
ȘTEFAN ISPAS
NICULAE NICULESCU
PETRE RĂDULESCU
ION CRIȘAN
VASILE MERTICARU
VIRGIL ATANASIU
PETRU ȚIVLEA
CEZAR OPRIȘAN
ILIE LĂZĂRESCU
VASILE CAISÂN
SORIN CHIRIAC
CONSTANTIN COSNEANU
IOAN MARINESCU
ALEXANDRU PÎRLAN
NICOLAE DIMITRIU
SUZANA GÂDEA
ION ILIESCU
MIHAIL RENERT
LAURENȚIE SOFRONI
IULIAN RIPOȘAN
LIVIU DEACU
DOREL BANABIC
MIRCEA RĂDULESCU
CLAUDIU RAȚIU
FLOREA CIOC
SĂNDEL MIHAI
ADRIAN GÂLCĂ
COSTACHE BURLACU
RADU CRAMARIUC
SILVIU JIPA
I.I. NOVIKOV

Colectivul de redacție:

VASILE BUZATU (red. coord.)
MARIA ANTOINETTE IONESCU
PAUL IORDĂNESCU
NICOLAE VOICU

Scanned with OKEN Scanner

Cuprins

I. Concepte și strategii de introducere a tehnologiilor moderne 5

1. Știința mecanicii și progresul tehnic contemporan (RADU VOINEA) 6
2. Ingineria, confluență a tehnologiilor (NICULAE I. NICULESCU) . . 14

II. Modernizarea tehnologiilor și produselor 31

3. Introducerea în practică a măsurilor de modernizare a proceselor de fabricație (FLORIN TĂNĂSESCU) 32
4. Experiența Întreprinderii Electroaparataj — București în domeniul controlului și al calității (ILIE LĂZĂRESCU, VASILE CAISÂN, SORIN CHIRIAC) 42
5. Rezolvări ce pot fi aplicate și în întreprinderile în care lucrați dv. (ALEXANDRU PÎRLAN) 67
   Din experiența modernizării întreprinderilor din sectorul IV București 70

III. Mașini, utilaje și SDV-uri. Proiectare, construcție, tipizare 81

6. Sisteme flexibile de montaj (ION CRIȘAN) 82
7. Despre sistemele flexibile de fabricație. Note de lectură (ION ILIESCU) 95
8. Module tipizate pentru prelucrarea flexibilă a familiilor de piese fabricate în serie mică și mijlocie (FLOREA CIOC) 109
9. Acționări hidraulice proporționale (LIVIU DEACU, DOREL BANABIC, MIRCEA M. RĂDULESCU, CLAUDIU RAȚIU) 123
10. Studiu privind utilizarea transmisiilor cu roți dințate în servomecanisme (SÂNDEL MIHAI, ADRIAN GÂLCĂ) 149
11. Angrenaje cu roți cilindrice cu număr mic de dinți (VASILE MERTICARU, VIRGIL ATANASIU, PETRU ȚIVLEA, CEZAR OPRIȘAN) 162

IV. Materiale. Elaborare, utilizare, reciclare, înlocuitori 169

12. Materiale compozite. Aplicații, perspective (ȘTEFAN ISPAS) 170
13. Fonta cu grafit nodular bainitică, un material cu caracteristici deosebite (IULIAN RIPOȘAN, LAURENȚIU SOFRONI) 185
14. Recuperarea deșeurilor din teflon prin iradiere cu radiații ionizate (COSTACHE BURLACU, RADU CRAMARIUC, SILVIU JIPA) . . 199

V. Tehnologii industriale de mare eficiență economică 207

15. Rectificarea pieselor din bazalt (IOAN MARINESCU) 208
16. Căile electrotehnologiei (I. I. NOVIKOV) 216
17. Producția asistată de calculator. Note de lectură 221

VI. **Ingineria calităţii. Fiabilitate, mentenabilitate** 231

18. Contribuţie la comensurarea nivelului tehnic al produselor (PETRE A. RĂDULESCU) 232
19. Probleme de diagnostic tehnic (MIHAIL RENERT) 245

VII. **Actualităţi şi informaţii tehnico-ştiinţifice** 259

20. Sesiunea ştiinţifică „Noi materiale metalice pentru industriile de vîrf din România", Bucureşti, 5 noiembrie, 1986 (SUZANA GĂDEA) . . . 260
21. A X-a Conferinţă de turnătorie cu tema „Calitate şi eficienţă în fabricaţia de piese turnate", Reşiţa, mai, 1987 (CONSTANTIN COSNEANU) 262
22. Simpozionul „Tendinţe şi realizări în prelucrarea prin metode neconvenţionale în construcţia de maşini, Bucureşti, mai, 1987 (NICOLAE DIMITRIU) 265
23. Programul manifestărilor tehnico-ştiinţifice interne ale anului 1987 . . 267
24. Scurte informaţii tehnice 272
25. Lucrări editate în R. S. România în anii 1985—1987 275

I

CONCEPTE ȘI STRATEGII DE INTRODUCERE A TEHNOLOGIILOR MODERNE

Scanned with OKEN Scanner

1

Știința mecanicii și progresul tehnic contemporan

Academician *Radu P. Voinea*
Președintele Academiei R. S. România

Anul acesta se împlinesc 300 de ani de cînd, în 1687, a apărut prima ediție a celebrei lucrări „Philosophiae naturalis Principia mathematica" a lui *Isaac Newton*, pe atunci profesor la Trinity College din Cambridge și membru al Societății Regale. Evocînd acest moment care a însemnat o mare cotitură nu numai în mecanică, ci în știință în general, se cuvine să aruncăm o cît de sumară privire asupra istoricului mecanicii și să arătăm care este astăzi rolul acestei științe fundamentale a naturii, chemată să colaboreze cu electronica, automatica și informatica în cadrul general al tehnicii moderne.

Fără îndoială că repetarea unor fenomene naturale (succesiunea zi—noapte, fazele lunii, succesiunea anotimpurilor etc.) l-a condus chiar pe omul primitiv la convingerea că în natură există legi și i-a stîrnit interesul să le cunoască în primul rînd pe cele mai simple, cele care guvernează deplasarea corpurilor din natură, adică *legile mecanicii*. Acestea însă nu au putut fi descoperite ușor. Unele constatări au putut fi făcute din cele mai vechi timpuri. Astfel, în Iliada și Odiseea, opere atribuite poetului grec *Homer* care a trăit în secolul IX î.e.n., se arată că impactul unui corp solid este cu atît mai eficace, cu cît greutatea și viteza acestuia sînt mai mari și se consemnează energia localizată în apa care curge în fluvii, în valurile mării și în vînt. *Democrit*, filosof grec din secolul V î.e.n., a conceput un univers alcătuit din atomi și vid, atomii, în număr infinit, alcătuiți din aceeași substanță și omogeni găsindu-se într-o eternă mișcare, datorită căreia se produc la întîmplare toate conglomeratele și formele posibile.

În concepția lui *Aristotel*, filosof grec din secolul al IV-lea î.e.n., Pămîntul era considerat fix în centrul universului, iar lumea era împărțită în două zone: lumea celestă, eternă, imuabilă, unde nu există decît mișcări circulare uniforme și lumea sublunară în care există transformări, naștere și distrugere. *Aristotel* deosebea *mișcări naturale*, cînd corpul se deplasează pe verticală spre locul său natural (de exemplu piatra în jos spre pămînt, iar flacăra în sus spre sfera de foc existentă undeva deasupra noastră) și *mișcări forțate* care tind să îndepărteze corpul de locul său natural (de exemplu ridicarea unei pietre).

Bazele staticii au fost puse de *Arhimede*, savant al antichității din secolul III î.e.n., născut la Siracuza, care a stabilit legea pîrghiilor, a studiat centrul de greutate al unor figuri plane și a enunțat în hidrostatică

Scanned with OKEN Scanner

celebrul său principiu potrivit căruia un corp scufundat într-un lichid suferă o împingere verticală, de jos în sus, egală cu greutatea volumului de apă dezlocuit.

Nicolaus Copernic (1473—1543), astronom polonez, a elaborat o nouă teorie potrivit căreia soarele era considerat imobil iar planetele se roteau în jurul axelor lor proprii și în jurul Soarelui, avînd mișcări circulare uniforme. Această concepție heliocentrică a sistemului nostru planetar elimina dificultățile devenite cu timpul insurmontabile ale sistemului geocentric elaborat de *Claudiu Ptolemeu* în secolul II e.n.

Johanes Kepler (1571—1630), astronom german, a enunțat în cartea sa *Astronomia* celebrele sale legi privind mișcarea planetelor pe elipse și nu pe traiectorii circulare, așa cum considera *Copernic*.

Galileo Galilei (1564—1642), matematician, fizician și astronom italian, a enunțat principiul inerției (este adevărat, într-o formă particulară: pentru un corp așezat pe un plan orizontal), a descoperit legea căderii corpurilor (pe verticală și pe planul înclinat) și izocronismul micilor oscilații ale pendulului.

Este meritul incontestabil al lui *Isaac Newton* (1642—1727), ilustru matematician, fizician, astronom și filosof englez, de a fi definit clar noțiunile fundamentale ale mecanicii (*spațiu, timp, masă, cantitate de mișcare, forță* etc. ...), de a fi enunțat principiile mecanicii (*principiul inerției, principiul proporționalității forțelor cu accelerațiile, principiul acțiunii și al reacțiunii*) și de a fi descoperit *legea atracției universale*. Puține teorii științifice s-au impus cu atîta autoritate ca teoria lui *Newton* cu privire la mișcarea mecanică, aceasta fiind verificată și la scară cosmică prin descoperirea prin calcul de către *Leverrier* a planetei Neptun, care a putut fi apoi observată. Matematicienii *Euler, Lagrange, Laplace, Poisson, Hamilton* și alții au dus teoria lui *Newton*, am putea spune, pînă aproape de perfecțiune. *Laplace* a elaborat o adevărată concepție filosofică potrivit căreia întreaga mișcare din univers este mecanică, concepție cunoscută sub numele de *determinism dinamic:* cunoașterea stării universului la un moment dat și a tuturor forțelor permitea prevederea evoluției ulterioare a acestuia.

Se părea că în fizică rolurile urmau să se distribuie astfel: diferitele capitole ale fizicii trebuiau să stabilească modul cum pot fi determinate forțele ce acționează asupra corpurilor, iar mecanica, după aceea, trebuia să studieze mișcarea corpurilor sub acțiunea acestor forțe. Această concepție s-a dovedit însă nerealistă. Fenomene din domeniul electromagnetismului și al opticii contraziceau flagrant nu numai dinamica newtoniană, dar chiar și cinematica clasică. A fost necesar să se revizuiască noțiunile de spațiu și de timp, apoi cea de masă, ceea ce a permis elaborarea de către *Albert Einstein* (1879—1955) a unei noi teorii, cunoscute sub numele de *teoria relativității*. De remarcat că, deși ecuațiile teoriei relativității sînt diferite de ecuațiile mecanicii newtoniene, ele tind către acestea din urmă atunci cînd vitezele relative ale corpurilor sînt neglijabile în raport cu viteza de propagare a luminii în vid.

Mecanica newtoniană s-a dovedit necorespunzătoare atunci cînd s-a încercat să fie aplicată la probleme de mișcare a particulelor elementare. Pentru asemenea mișcări *Max Planck* (1858—1947) a elaborat o *teorie a cuantelor* perfecționată mai tîrziu sub forma mecanicii cuantice de către

Scanned with OKEN Scanner

Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Louis de Broglie și alții. Și de data aceasta trebuie remarcat că, deși ecuațiile mecanicii cuantice sînt diferite de ecuațiile mecanicii newtoniene, ele tind către acestea din urmă, atunci cînd numărul de particule elementare este foarte mare, ceea ce se realizează în cazul corpurilor așa-numite „macroscopice".

Firește, teoria relativității și mecanica cuantică au limitat cîmpul de aplicabilitate al mecanicii newtoniene. Și totuși domeniul de aplicabilitate al mecanicii clasice — al mișcării corpurilor macroscopice cu viteze relative neglijabile față de cea a luminii în vid — a rămas destul de mare: în ce privește corpurile și sistemele de corpuri, de la galaxiile cele mai îndepărtate pînă la firele de praf ce abia se văd într-o rază de lumină ce pătrunde într-o cameră întunecoasă, iar în ce privește vitezele, de la cele mai mici pînă mult dincolo de vitezele cosmice atinse pînă în prezent. În plus, mecanica newtoniană a fost extinsă de la sistemele de corpuri rigide la corpurile deformabile, la fluide (lichide și gaze), iar unele capitole de mecanică teoretică s-au dezvoltat atît de mult datorită nevoilor practice, încît au devenit astăzi adevărate discipline de mecanică aplicată. Fără a avea pretenția de a fi exhaustiv, am să enumăr cîteva asemenea discipline: elasticitatea, vîscoelasticitatea, plasticitatea, termoelasticitatea, mecanica barelor drepte și curbe, mecanica membranelor, plăcilor plane și curbe, stabilitatea elastică, vibrația barelor și plăcilor, propagarea undelor în solide, mecanica solurilor, prelucrările materialelor, oboseala materialelor, ruperea materialelor, proprietățile materialelor inginerești, statica structurilor de bare, statica structurilor complexe, teoria mecanismelor, organe de mașini, reologie, biomecanică etc. ... și nu am enumerat decît discipline din mecanica solidului. Firește la acestea trebuie adăugate un mare număr de discipline de mecanica fluidelor.

Mecanica newtoniană, perfecționată de *Lagrange* și *Hamilton* și completată cu ecuații constitutive corespunzătoare servește și astăzi cu succes soluționării celor mai variate probleme de mecanică aplicată. Aceasta probează că mecanica, deși este o știință *veche* nu este *învechită*. Ea are o anumită stabilitate, consecință a maturizării ei. O mobilitate în mecanica aplicată poate fi observată astăzi doar cu privire la ecuațiile constitutive, în continuă perfecționare pe baza celor mai noi rezultate experimentale. Am putea spune, parafrazînd pe un cunoscut om de știință american, că ecuațiile de echilibru și ecuațiile de mișcare trebuie respectate; celelalte ecuații din mecanica aplicată sau din alte științe ale naturii sînt „negociabile"!

Mecanica teoretică și mecanica aplicată sînt chemate să colaboreze astăzi cu toate celelalte științe ale naturii și îndeosebi cu electronica, automatica și informatica. Acestea din urmă, deși au evoluat spectaculos în ultimele zeci de ani, sînt totuși științe mult mai tinere. Instalațiile, utilajele, componentele, metodele folosite cu numai cîteva zeci de ani în urmă și considerate moderne la acea vreme s-au învechit repede, fiind înlocuite cu altele care, și ele, s-au învechit. Să ne amintim, de exemplu, de Electrical Numerical Integrator and Computer (ENIAC) realizat în anii 1943—1945 la Universitatea Pennsylvania (S.U.A.) cu 20 000 de tuburi electronice de mari dimensiuni care realiza 5 000 de adunări sau 400 de înmulțiri pe secundă, tipic pentru generația întîi, care a fost înlocuit după 1948, cînd s-a inventat tranzistorul, cu calculatorul de generația a doua, de

Scanned with OKEN Scanner

dimensiuni sensibil mai reduse, pentru ca, zece ani mai tîrziu, cînd au apărut circuitele integrate ce reuneau pe aceeaşi plachetă de siliciu mai multe tranzistoare şi elemente electronice pasive, să apară calculatoarele de generaţia a treia, pentru ca, folosirea unor circuite integrate pe scară largă (LSI) sau foarte largă (VLSI) să permită realizarea, astăzi, a calculatoarelor de generaţia a patra din care face parte microprocesorul. Şi, poate, nu vor trece mulţi ani şi vom vorbi despre calculatoarele de generaţia a cincea, care vor folosi din plin inteligenţa artificială, ca de ceva foarte obişnuit.

Progresele realizate în electronică au permis de-a lungul timpului să fie înlocuite tot mai mult mecanismele complicate cu roţi dinţate şi pîrghii cel puţin parţial cu dispozitive electronice. Au putut fi astfel evitate neajunsurile care se datoresc frecărilor ori inerţiei corpurilor în mişcare. Cu toate acestea elementele mecanice nu au putut fi complet înlăturate. Să considerăm exemplul unui robot, desigur mă gîndesc la un robot evoluat. Acesta este un produs complex la care pot fi puse în evidenţă patru funcţii de bază: *percepţia, comunicarea, decizia* şi *acţiunea*. La realizarea acestor funcţiuni concură domenii ştiinţifice şi tehnice diverse, şi anume: mecanica, utilizată în realizarea funcţiei de acţiune (prin manipulatorul robotului) şi parţial în funcţia de percepţie (prin senzorii de moment — forţă şi senzorii tactili); electronica, automatica şi informatica, utilizate în realizarea funcţiei de acţiune (prin sistemul de acţionare, comanda mişcării etc.) şi a funcţiei de percepţie (prin sistemul senzorial); informatica, în realizarea funcţiunilor de percepţie, comunicare şi decizie.

Aşa cum rezultă din aceste consideraţiuni foarte generale, un produs complex, cum este robotul, oferă un cîmp larg de colaborare între specialiştii din domeniile enunţate, deoarece este uşor de înţeles că perfecţionarea unui asemenea produs implică restricţii şi de aici posibilităţi de optimizare, de soluţionare a interfeţelor dintre structurile respective.

Îmbinarea dintre mecanică şi informatică permite astfel realizarea unor roboţi informatizaţi (dotaţi în particular şi cu inteligenţă artificială). Se creează astfel o ramură nouă de ştiinţă pe care japonezii o numesc deja *mecatronică*. În esenţă, problema care se pune este aceea ca mişcarea mecanică să asculte mai întîi de informaţie, în funcţie de care să se dezvolte forţele mecanice sau electromagnetice care să determine mişcarea. Informaţia de care este vorba rezultă din prelucrări informaţionale clasice şi, în cazul în care robotul este dotat corespunzător, şi din inteligenţa artificială. Pentru ca mişcarea mecanică să fie informată este nevoie de culegere de informaţii din mediul în care se desfăşoară mişcarea, precum şi asupra mişcării însăşi. În acest scop robotul trebuie să fie dotat cu senzori mecanici, tactili, optici etc. O mişcare mecanică dependentă de informaţie creează o situaţie nouă în tehnică. S-ar putea vorbi de funcţiuni de mişcare realizate parţial mecanic, parţial informaţional, într-o simbioză *informecanică*. Profesorul Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei R. S. România, consideră acest termen mult mai corect, mai adecvat decît cel de mecatronică.

Cercetările şi dezvoltările actuale din domeniul mecanicii roboţilor implică dezvoltări corespunzătoare în electronică, informatică şi automatică. Astfel, la structurile mecanice de manipulare cu acţionare directă *(direct-drive)*, concură, mecanica, automatica şi electronica; la echiparea

Scanned with OKEN Scanner

dispozitivelor de prehensiune (mîinile roboților) cu senzori de forță-moment și cu senzori tactili concură mecanica, electronica (prelucrarea semnalului senzorial) și automatica (utilizarea semnalului senzorial în comanda mișcării robotului). La echiparea robotului cu sisteme de locomoție concură mecanica (mai ales dacă locomoția se realizează cu structuri mecanice articulate), automatica și informatica (pentru strategiile de navigație, de ocolire a obstacolelor etc.) și electronica (pentru sistemul senzorial).

Există, firește, și dezvoltări care depind numai de mecanică, cum ar fi: structurile mecanice de tip nou (de tip tendon) pentru braț și mînă, mecanismele standard de prindere și transmitere a mișcării între braț și mînă, mîinile universale pentru robot etc. ...

Multe alte aspecte atestă o strînsă legătură între mecanică, electronică și informatică. Astfel, caracteristicile unui robot cuprind în mod firesc parametri de mecanică (sarcina maximă, numărul de grade de libertate, forma spațiului de lucru), de automatică și informatică (tipul mișcării executate: punct cu punct, cu controlul traiectoriei), de informatică pură (limbajul de programare etc.). O altă legătură ar putea-o constitui proiectarea asistată de calculator a structurii numerice de manipulare, a organelor de prehensiune și a celulei robotizate.

Funcția de decizie (generarea automată a planului de acțiuni și controlul execuției lui) face apel, după cum se știe, la inteligența artificială. Dar funcția de decizie se găsește distribuită și la nivelul celorlalte funcții ale robotului, cum ar fi percepția (de exemplu, problema recunoașterii obiectelor în spațiul de lucru), comunicarea și acțiunea (de exemplu, modificarea acțiunii robotului în funcție de informația senzorială care semnalează modificări ale mediului de lucru). Rezultă deci că, prin funcția de acțiune a robotului, electronica și informatica leagă mecanica de inteligența artificială.

Considerațiile de mai înainte arată în mod clar faptul că o construcție complexă cum este robotul nu poate fi realizată fără o colaborare strînsă între specialiștii din domeniile menționate: mecanică, electronică, automatică, informatică și inteligență artificială. Structura mecanică este, în ultimă instanță, executantul, după ce în prealabil informația a fost percepută, comunicată, prelucrată, s-a luat decizia și s-a dat comanda. Legile mecanicii sînt simple, am putea spune mai corect că ele par simple, dar modul cum este executată partea mecanică, mecanismul unui robot, este adesea hotărîtor și nu întîmplător defecțiunile cele mai frecvente sînt cele mecanice.

Și acum o privire sumară spre viitor, să spunem pentru o perioadă de 5—10 ani.

În ceea ce privește structura mecanică de manipulare și structura de acționare se întrevăd cîteva posibilități:

— robotul cu multiple brațe, care realizează mișcări coordonate;

— structuri de manipulare rigide, dar ușoare și apoi structuri flexibile foarte ușoare;

— structuri fără articulații discrete, cu o infinitate de grade de libertate realizate prin articulații flexibile;

— noi concepte în acționarea roboților (acționări distribuite ca la mușchi);

Scanned with OKEN Scanner

— creşterea preciziei de poziţionare la nivel de micrometru;
— folosirea circuitelor integrate specializate (VLSI) cu posibilitatea de a rezolva în timp real problema cinematică inversă;
— structuri mecanice uşoare, care să funcţioneze la viteze mari, avînd un comportament dinamic optim.

În ceea ce priveşte organele de prehensiune (mîinile roboţilor), se prevăd în următorii 5—10 ani:
— echiparea mîinii robotului cu senzori în încheietura mîinii, în degete şi în vîrful degetelor;
— comanda mîinii robotului pe baza informaţiei vizuale în operaţii complexe de ansamblu, printr-o îmbinare între mecanică (mîna robotului), electronică (sistemul de vedere artificială), automatică şi informatică (prelucrarea informaţiei senzoriale, generarea semnalelor de comandă etc.);
— realizarea de senzori tactili pe circuite integrate VLSI care să echipeze degetele mîinii robotului.

*

Toate aceste previziuni nu pot fi realizate decît printr-o colaborare strînsă între mecanică, electronică, automatică şi informatică, în cadrul tehnicii moderne, deoarece, în condiţiile revoluţiei tehnico-ştiinţifice contemporane informaţia se dovedeşte a deveni un factor comun pentru *orice* tehnologie. O serie de funcţiuni care se realizau prin procedee mecanice, electrice, magnetice, hidraulice, pneumatice sînt preluate de unul şi acelaşi ingredient, *programul informatic,* adică de informaţie. Acest substrat, devenit forţă productivă, se leagă în mod firesc cu activitatea de concepţie şi proiectare, care este, fireşte, informaţională. În marea varietate de tehnologii din tehnica contemporană nu există un alt factor integrator mai important decît *informaţia.*

Vom ilustra aceste concluzii cu un exemplu din domeniul roboticii. Una dintre problemele cele mai dificile este realizarea unui sistem de comandă capabil să asigure o mare precizie de poziţionare (cu luarea în considerare a modelului dinamic al acestuia). Această problemă a fost rezolvată prin utilizarea aşa-numitelor dispozitive RCCD — Remote Center Compliance Devices. Iniţial aceste dispozitive au fost realizate exclusiv cu resurse mecanice. Ulterior, şi în acest domeniu s-a făcut apel la electronică, realizîndu-se variante „active“, bazate pe senzori de forţă-moment şi pe sisteme de prelucrare automată a datelor.

S-ar mai putea pune o problemă: în condiţiile conlucrării dintre mecanică, electronică, automatică şi informatică aceste discipline se pot limita una pe alta. Vom exemplifica, de asemenea, pe cazul roboţilor. Există situaţii în care „inteligenţa artificială“ a unui robot este limitată în anumite direcţii de posibilităţile suportului ei mecanic, îndeosebi în ceea ce priveşte viteza de deplasare. Există însă şi remarcabile realizări de mecanisme (de exemplu mîna cu cinci degete) care aşteaptă deocamdată un sistem de comandă care să le pună în valoare.

Viitorul rezervă şi alte surprize. Într-adevăr în zilele noastre se pune, o dată cu problema conducerii sistemelor mecanice şi a sistemelor în general, o altă problemă, tot atît de interesantă, aceea a *autoorganizării sistemelor.* Asemenea fenomene de autoorganizare se produc în sistemele complexe, deschise, care se află departe de starea de echilibru termodina-

Scanned with OKEN Scanner

mic, specifice lumii vii și sistemelor sociale, dar și multor sisteme fizice și chimice. În cazul acestor sisteme, prin influxul de energie, are loc trecerea, la început, de la o stare de echilibru spre o mișcare dezordonată *(haos)* iar, apoi, la un anumit grad de acumulare de energie, trecerea spre o nouă stare, de stabilitate dinamică (deci dintr-o stare haotică spre o stare ordonată), cu o eficiență superioară. Asemenea fenomene formează obiectul unei științei noi, numite *sinergetica*, al cărei promotor este profesorul *Hermann Haken* de la Universitatea din Stuttgart. Comportarea sistemului depinde de un parametru, care a fost numit „parametru de ordine".

Cu titlul de exemplu să considerăm mișcarea definită de ecuația diferențială

$$\frac{dx}{dt}=ax(1-x), \tag{1}$$

cu soluția (pentru condiția inițială $t=0$, $x=x_0$):

$$x=\frac{x_0e^{at}}{1+x_0(-1+e^{at})}, \tag{2}$$

cum se poate ușor verifica. Curba corespunzătoare este reprezentată în fig. 1.1.

Să considerăm acum relația de recurență:

$$\xi_{n+1}=b\ \xi_n(1-\xi_n), \tag{3}$$

cu

$$0<\xi_n<1 \text{ și } 0<b<4.$$

Această relație ar putea fi privită ca fiind echivalenta ecuației diferențiale (1) scrisă în diferențe finite (cu o schimbare de variabile potrivită). Firește, relația (3) ar putea reprezenta și un fenomen discontinuu, știut fiind că în natură există și fenomene discontinue. Dată fiind legătura strînsă între ecuația diferențială (1) și relația de recurență (3), ne-am aștepta ca soluția relației (3) să fie o mulțime de puncte care, unite printr-o linie poligonală, să aibă alura curbei din fig. 1.1. Linia poligonală nu are însă această alură decît pentru anumite valori ale parametrului b, acest parametru influențînd foarte mult asupra liniei poligonale.

Astfel, pentru $b=2$ și $x_0=0,2$ (fig. 1.2), linia poligonală are alura curbei din fig. 1.1. Se poate arăta că această proprietate se menține însă

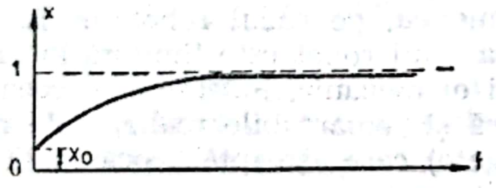


Fig. 1.1.

Fig. 1.2.

numai pentru $b<3$. Pentru $b>3$, de exemplu pentru $b=3,1$ linia poligonală prezintă, începînd de la o anumită valoare, o periodicitate $T=2$ (fig. 1.3). Pentru o creștere foarte mică peste $b=3,1$ linia poligonală, după ce are o alură ascendentă, prezintă o periodicitate $T=4$ (fig. 1.4). Perio-

dicitatea crește în continuare la $T=2^n$ pentru creșteri foarte mici ale parametrului b, ajungîndu-se, pentru $b=3{,}6$, la o periodicitate infinită, practic la o linie poligonală la care nu se poate observa nici o regularitate, o asemenea mișcare avînd un caracter haotic. De remarcat însă că

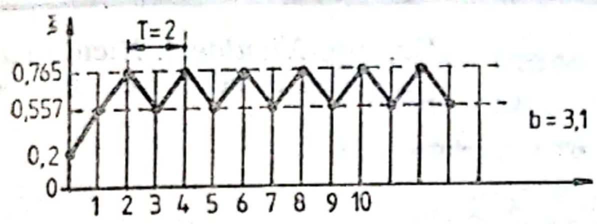


Fig. 1.3.

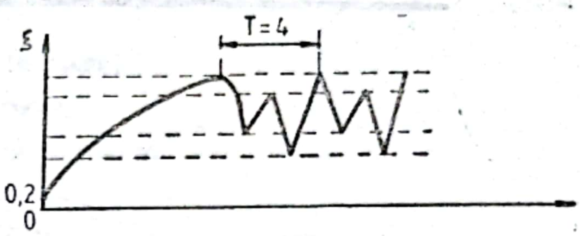


Fig. 1.4.

dacă b depășește valoarea 3,6, de exemplu pentru $b=3{,}84$, linia poligonală prezintă din nou regularități și anume o periodicitate $T=3$.

Exemplul de mai înainte nu este decît un caz foarte simplu al fenomenelor tot mai complexe din natură pe care mecanica, în colaborare cu celelalte științe ale naturii, este chemată astăzi să le rezolve.

Scanned with OKEN Scanner

2
Ingineria, confluență a tehnologiilor

Dr. ing. *Niculae I. Niculescu*
Academia de Studii Social Politice

Contemporaneitatea se confruntă cu numeroase probleme. Cele mai importante dintre ele sînt criza de resurse de bază — de alimente, de energie și de diferite materii prime — și criza mediului. O manifestare stînjenitoare a actualei stări pentru sistemele de producție o reprezintă tot mai pregnanta necorelare a nevoii de resurse pe care tehnologiile practicate le pretind comparativ cu posibilitățile limitate de satisfacere a lor.

Căutînd geneza dificultăților de care se lovește omenirea tot mai mulți specialiști aduc în prim plan PROBLEMA TEHNOLOGIEI și se întreabă: de ce tehnologia practicată astăzi este neadecvată la realitățile bazei tehnico-materiale și la contextul cultural și al civilizației? Prin ce se caracterizează incompatibilitatea tehnologiilor? În ce direcție se cere să se acționeze pentru construirea unor tehnologii ale viitorului care să participe substanțial la rezolvarea dificultăților cu care sîntem încercați? Acestor frămîntări se va căuta să li se formuleze în continuare o ipoteză de răspuns.

Îngrijorarea specialiștilor este îndreptățită. Tehnologia este un factor determinant al relațiilor dintre cultură și civilizație. Cultura furnizează informația tehnologică necesară producției, în timp ce producția și consumul contribuie substanțial la generarea cadrului civilizației și reprezintă sursa variatelor probleme de corelare și progres ce se ridică culturii, pe care o sprijină prin oferirea de mijloace materiale evoluate pentru investigare și dezvoltare (fig. 2.1).

Veridicitatea celor de mai sus poate fi evident demonstrată dacă se analizează chestiunea din perspectiva istorică. O astfel de cercetare relevă că fiecărei perioade istorice îi corespund anumite stiluri de viață, de producție și de muncă, condiționate de nivelul de cultură și civilizație și de tehnologiile caracteristice acestora.

Evoluția tehnologiei demonstrează că înnoirile au fost puternic marcate de descoperirile și de clarificările științifice intervenite, dar și de nevoile de adaptare la noile condiții, mai ales la cele datorate modificării disponibilității de resurse. Rezultă *o interdependență evidentă* între nevoile social-economice specifice ale unei perioade și progresele înregistrate de tehnologie. Drept urmare, este firească speranța că O DEZVOLTARE INSPIRATĂ A TEHNOLOGIEI ESTE O SOLUȚIE POSIBILĂ la marile probleme pe care le are de depășit generația contemporană.

Scanned with OKEN Scanner

Efectuarea unei diagnoze a stadiului atins de tehnologie, a corelației funcționalității tehnologiei față de trebuințele sociale, economice, ecologice etc., curente și de perspectivă, scoate în evidență o serie de *simptomuri de neadaptare,* lipsa de pregătire pentru a face față presiunilor prezentului și viitorului. Cîteva dintre demonstrațiile ce îndreptățesc conclu-

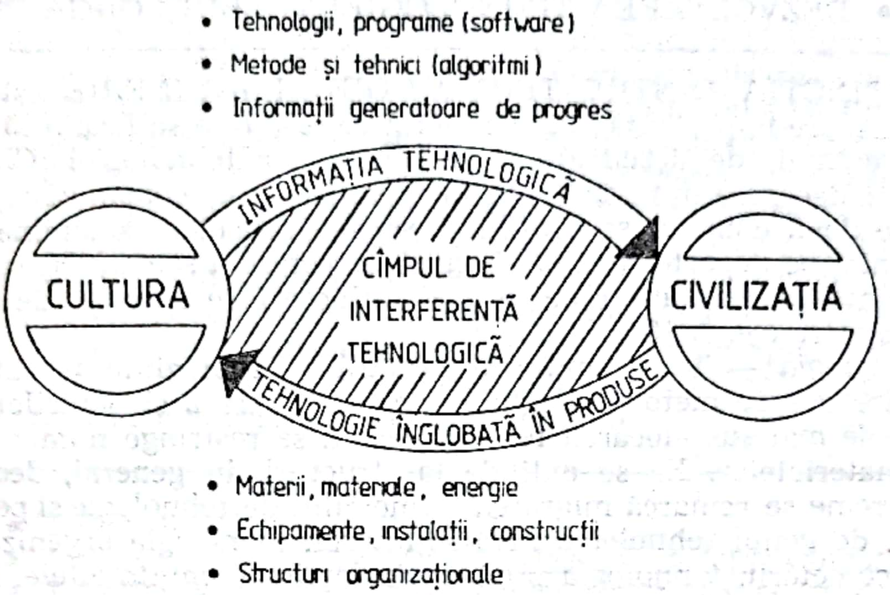


Fig. 2.1. Interdependența dintre cultură și civilizație în plan tehnologic.

ziile arătate, precum și unele propuneri de depășire a lor se vor creiona sintetic în continuare.

Din mulțimea de aspecte ce intră în incidența intenției anunțate s-au reținut numai unele, apreciate ca mai importante, și anume: progresul și adaptarea tehnologiei, distincția dintre tehnologie și inginerie, situația actuală a ingineriei (diagnoza ei), lecția tehnologică a biologiei, conceptul de purtători de utilități, sferele de manifestare a utilului, ipostazele ingineriei, arhitecturi tehnologice sincrone, arhitecturi tehnologice diacrone și un punct de vedere privind modul în care trebuie să se acționeze pentru a se realiza mutația care se impune în domeniul tehnologiilor și al ingineriei ce le asamblează.

PROGRESUL ȘI ADAPTAREA TEHNOLOGIEI trebuie să fie proiectate și materializate în raport cu nevoile și dorințele de devenire socială și economică. Pînă nu de mult se mai credea că cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și introducerea progresului tehnic erau marcate în mare măsură de factori aleatori, că prognozarea și orientarea realizării progresului științific și tehnic erau limitate. În prezent programării producției de inteligență i se acordă întîietate față de toate celelalte genuri de producție. În cadrul acestei noi desfășurări *modernizării tehnologiilor îi revine o mare însemnătate.*

Descoperirea posibilităților de modelare a progresului științifico-tehnic și atitudinea nouă față de perfecționarea tehnologiilor, ca modalități de corelare a producției cu nevoile și resursele, ridică în fața organelor de conducere *responsabilitatea organizării evoluției tehnologiei,* pentru a

Scanned with OKEN Scanner

evita sau restrînge aportul acesteia la agravarea și înregistrarea de noi crize și pentru sporirea contribuției ei la progresul general.

• EVOLUȚIA TEHNOLOGIEI TREBUIE SĂ VIZEZE PROGRES ȘI ADAPTARE LA REALITĂȚI.
• DEZVOLTAREA TEHNOLOGIEI TREBUIE ORGANIZATĂ.

DISTINCȚIA DINTRE TEHNOLOGIE ȘI INGINERIE este o problemă de mare importanță, a cărei lămurire se cere a se face încă de la începutul acțiunii de descifrare a perspectivelor tehnologiei. Clarificarea se impune deoarece în învățămînt, în practica socio-economică și în literatură cele două domenii se confundă, se mai consideră sinonime, ceea ce nu este nici pe departe real. O succintă cercetare a semanticii respectivelor noțiuni și a realităților pe care le definesc face o destul de tranșantă distincție între ele. Astfel:

Tehnologia — în accepțiunea noastră — reprezintă totalitatea cunoștințelor despre metode și tehnici de prelucrare a structurilor. În formularea de mai sus alocarea tehnologiei nu se restrînge numai la prelucrarea materialelor. Ea se extinde la structuri, în general, deoarece în ultima vreme se remarcă migrarea termenului de tehnologie și pentru alte aplicații, de genul tehnologia învățămîntului, tehnologia organizării, tehnologia cercetării, tehnologia prelucrării datelor și multe altele. Este evident că natura structurilor prelucrate, și altele decît materialele, a încetat de a mai fi o barieră în exprimarea procedurilor de prelucrare cu ajutorul denumirii de tehnologie.

Ingineria, în accepția lui James A. Richardson[1], se ocupă de „proiectarea, îmbunătățirea și implementarea unor sisteme integrate, alcătuite din oameni, materiale și utilaje. Ea se bazează pe cunoștințe specializate și aptitudini în științele matematice, pozitive și sociale, cît și pe principiile și metodele analizei și proiectării inginerești. Scopul ei este de a specifica, prevedea și evalua rezultatele ce se vor obține de la astfel de sisteme".

Insistînd asupra conținutului ingineriei industriale, privită din unghiul agentului social ce o practică (omul), Al. Deniforescu este de părere că ea „desemnează activitatea lucrătorilor industriali specializați prin studii superioare în domeniile a diferite științe tehnice, activitate prin intermediul căreia această categorie de personal muncitor asigură proiectarea, implementarea, funcționarea și perfecționarea sistemelor socio-economice și tehnologice de producție industrială: întreprinderi, uzine, fabrici, secții, ateliere etc."[2]

Comparînd, pe baza celor de mai sus, semanticile noțiunilor de tehnologie și inginerie se constată că ele *au o componentă comună*, formată din atributul lor de a programa acțiunea umană, de a furniza modele de programe pentru realizarea unor transformări, dar *au și componente distincte*, care decurg din structurile pe care operează. În timp ce tehnologia

---

[1] Maynard, H. B., Manual de inginerie industrială, vol. III, Editura tehnică, București, 1977.

[2] Deniforestu, Al., Sociologia industrială — ramură a sociologiei generale, din vol. Sociologie industrială, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982, p. 12.

are ca obiect un singur tip de structură (substanța, energia sau informația), mai ales subvariante ale acestora (specializarea tehnologiilor pe diferitele materiale, energii etc.), sau se restrîng la anumite transformări (tehnologia sudurii, așchierii, confecțiilor ș.a.m.d.), ingineria surprinde un ansamblu de structuri prin a căror participare se realizează transformarea mai de amploare dorită.

Departajarea făcută anterior arată că tehnologia și ingineria diferă *prin finalitatea lor*. Tehnologia are drept obiect organizarea unei operații sau a unui grup de operații, pentru ca ingineria să aibă ca finalitate un produs, un sistem realizator de produse sau dezvoltarea acestora.

După produsul la a cărui obținere participă *tehnologia dă soluții atomizate* (pentru o structură și/sau o operație), care nu se pot utiliza ca atare decît prin asamblarea mai multora, corespunzător structurilor participante la acțiune (materiale, oameni, informații, echipamente etc.). Spre deosebire de tehnologie, *ingineria asigură soluții cu o mai largă și mai concretă finalitate*, programele acesteia sînt cele ce au aplicabilitate efectivă în producție. Ingineria implică și armonizează tehnologiile prin a căror conlucrare se realizează produsele de orice fel.

- TEHNOLOGIA ≠ INGINERIE
- INGINERIA ESTE O CONFLUENȚĂ A TEHNOLOGIILOR
- DEZVOLTAREA INGINERIEI ȘI A TEHNOLOGIILOR TREBUIE SĂ SE FACĂ ÎNTR-O VIZIUNE INTEGRATOARE

DIAGNOZA INGINERIEI este următoarea etapă necesară a fi investigată, deoarece din problemele pe care ea le ridică se pot deduce nevoile de perfecționare ale ingineriei, dar și ale tehnologiei.

O primă constatare este aceia că există o distincție între *ingineria formală*, cea care este predată în învățămîntul politehnic și se regăsește în producția editorială, în care predomină însușirea tehnologiilor ce acționează — după caz — asupra substanței, energiei și informației, acestea nu întotdeauna articulate, *și ingineria reală* cea practicată în condițiile concrete ale producției, unde la cele arătate anterior specialistul este obligat să adauge ad-hoc foarte multă inginerie socială, ingineria conducerii (tehnologii de prognozare, organizare, coordonare și control), ingineria mediului ambiant și a celui natural în care se găsește sistemul de producție, ingineria eficienței economice (a creșterii productivității muncii și a competitivității produselor, a reducerii necesarului de fonduri pentru mijloace circulante etc.), ingineria dezvoltării (a cercetării științifice și a introducerii progresului tehnic) ș.a.m.d.

Cauza principală a situației arătate decurge din *continuarea menținerii concepției atomiste* în tratarea problemelor *și insuficienta implicare a modalităților noi de abordare*, cum sînt cele sistemice, interdisciplinare, funcționale și cu mai mare deschidere spre globalitate în abordarea ingineriei. Există multe încercări în direcția corectării tratării ingineriei, însă cel mai adesea acestea reușesc numai în parte să surprindă ansamblul și nu s-a reușit să se formeze un larg curent de opinie în direcția înnoirii ce se impune.

Scanned with OKEN Scanner

O altă cauză a discrepanţei dintre ingineria reală şi cea formală este *neluarea în seamă a nevoii de tehnologii pentru efectorizarea tuturor resurselor ce participă în procesul de producţie,* pentru a asigura unitatea şi eficienţa acţiunilor de transformare pe care prevederea lor le presupune. Dacă se ţine seama că un sistem de producţie se foloseşte de resursele indicate în fig. 2.2 rezultă că ingineria formală este eliptică şi este

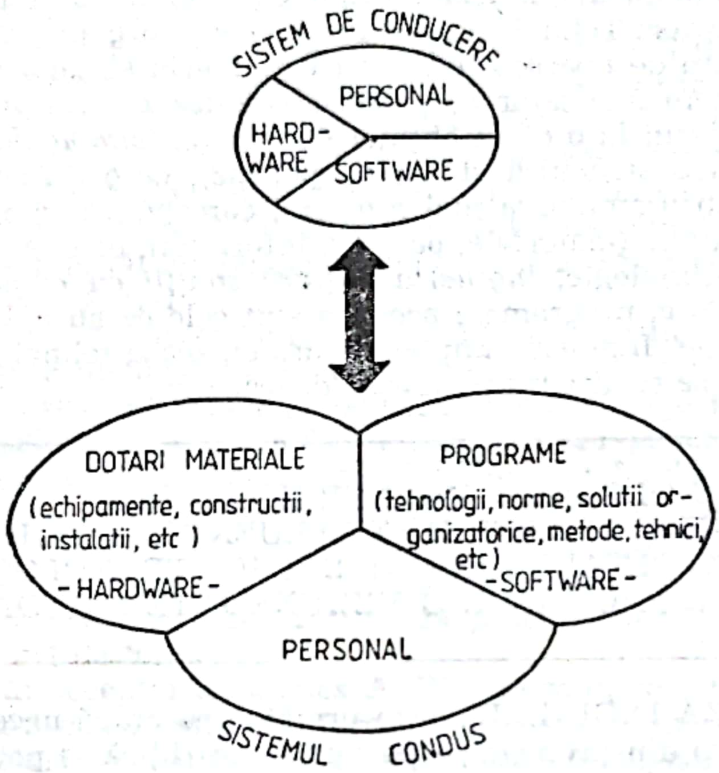


Fig. 2.2. Structura resurselor constitutive ale sistemului de producţie.

nevoită să recurgă la improvizaţii mai ales în legătură cu resursele umane, resursele informaţionale (software-ul, fondul de programe ce stă la baza acţiunilor producţiei) şi conducerea stabilirii şi atingerii obiectivelor.

Interpretarea calitativă a diferenţelor dintre ingineria reală şi cea formală relevă noi aspecte interesante. Se observă insuficienta saturare cu tehnologii a producţiei, datorată accepţiunii restrînse date ingineriei, cu deosebire în ceea ce priveşte omul, informaţia şi conducerea, deci referitor la *resursele cele mai importante,* cele ce stau la temeiul programării şi evaluării rezultatelor, fiind singurele *care au capacitatea de a valoriza, valorifica şi de a spori valoarea* (utilitatea) producţiei.

Critica făcută mai sus ingineriei a vizat obligaţia acesteia de a nu mai acţiona oricum, cerinţa de a tinde spre virtuozitate. Pentru a înţelege sensul dat schimbării calitative preconizate să luăm un exemplu. Cel mai frecvent un produs este etichetat ca fiind realizat cu virtuozitate în producţia artistică. Deci să luăm domeniul muzicii, unde pentru a realiza o simfonie de maximă impresionabilitate (de valoare ridicată) sînt necesare o *compoziţie de calitate* (în fond un program de producere şi armonizare a sunetelor pentru a deveni purtătoarele mesajului dorit), *instrumente*

Scanned with OKEN Scanner

în structura necesară și de calitate, *executanți de performanță*, care să fie capabili să interpreteze partea din partitură ce le revine, în acord cu ansamblul, și *un dirijor* ale cărui atribuții sînt de a organiza și materializa o anumită utilitate (trăire estetică), în care scop alege compoziția, instrumentele și executanții, antrenează (a se vedea repetițiile), coordonează și controlează echipa în timpul realizării „producției" respective. După cum se remarcă și de această dată intervine *o adevărată inginerie a interpretării muzicii.*

Pornind de la exemplul muzicii, una din producțiile umane cele mai evoluate, se poate ușor deduce că ingineria ar trebui să asigure mai întîi „partitura producției", în fond variatele programe prin a căror aplicare diferitele resurse implicate să intervină eficient și la timp, apoi *obiectul muncii* adecvat producției și produselor preconizate, *mijloacele de muncă* necesare și *sistemul de conducere* a întregului ansamblu, care să realizeze unitatea în spațiu și în timp a transformărilor urmărite, cu minimum de resurse și maximum de efecte favorabile, eliminînd sau restrîngînd la limita tolerabilului efectele nefavorabile. Este evidentă necuprinderea acoperitoare de către actuala inginerie a domeniului producției, *necesitatea stringentă de a se corecta situația* dacă se dorește a se ajunge la performanțe de vîrf.

Consecințele accepțiunii și practicării înguste a ingineriei sînt numeroase și se regăsesc în eficacitatea și eficiența restrînse ale producției, în nevalorificarea completă a potențialelor de care se dispune, în generarea de perturbări în interiorul și în afara sistemului, și în incapacitatea ingineriei de a-și aduce încă o contribuție pe măsură la rezolvarea problemelor ce i se pun.

Concluziile diagnozei prezentate mai sus, coroborate cu prognoza optimistă a tehnologiilor și a ingineriei ce le folosește sub formă de arhitecturi de tehnologii, invită la o substanțială și rapidă *restructurare a ingineriei și a tehnologiilor componente.* Obiectivul principal al reașezărilor ce se impun îl reprezintă *încărcarea sistemelor de producție cu mai multă informație și inteligență,* iar pentru aceasta este nevoie să se recurgă în mai mare măsură la tehnologiile sociale, informaționale și de conducere.

Un alt aspect al ingineriei ce se cere a fi cercetat este *întinderea sistemelor pe care operează.* După acest criteriu se întîlnesc inginerii ale produsului (alimentar, agricol, metalurgic, chimic etc.), inginerii ale producției, ale sistemelor organizate pentru o gamă mai largă sau mai restrînsă de produse (unități constructoare de mașini, producătoare de energie, pentru prelucrarea informațiilor ș.a.) și inginerii ale distribuției și consumului produselor care fac legătura fizică dintre cele de mai sus.

Tipurile de inginerii menționate sînt importante, însă ele constituie părți ale unui întreg care deocamdată scapă preocupărilor ingineriei. Astfel: produsul este o stare pe care o capătă structura respectivă pentru un timp, însă ea face parte dintr-o succesiune de stări ce o anticipează (materiile prime) și o urmează (produsele uzate, ambalajele etc.). Similar se pune problema pentru sistemele de producție, care participă unul după altul la valorificarea unei structuri (de ex. lanțul agroalimentar, lanțul de prelucrare a metalelor, a lemnului) sau pentru asigurarea unor utilități (alternanța producerii structurii, utilizării ei, refacerii fiabilității, rentabilizării ș.a.m.d.).

Extensia pe care o dă în prezent ingineria obiectului său de activitate se dovedește parțială. Ingineria nu a făcut încă saltul de la unitatea producătoare la mulțimea de sisteme de producție ce se cere a dispune de o unificare și conlucrare funcțională, organizate după diferite criterii (de exemplu după succedanța tehnologică, coparticiparea tehnologică, distribuția teritorială etc.). *Nu se dispune încă de ingineriі ale macrosistemelor de producție* cu excepția celor energetice și a celor silvice, dar și acestea încă nu integrează satisfăcător celelalte sisteme locale participante (Natura, agricultura, habitatul construit de om etc.).

Absența ingineriei macrosistemelor duce la neparticiparea acesteia la stabilirea obiectivelor producției respective și la neorganizarea concretizării lor din perspectiva utilității cumulate pentru tot lanțul economic, tehnologic sau de folosințe, determină incoerențe, prioritatea interesului local în locul celui de grup sau general, alimentează contradicțiile, împiedică fluența și duce la importante scurgeri de eficiență.

• INGINERIA OPEREAZĂ ÎNCĂ FRAGMENTAR, FĂRĂ A SURPRINDE TOT ANSAMBLUL PROCESELOR PRODUCȚIEI
• INGINERIA MACROSISTEMELOR DE PRODUCȚIE, DEȘI SE IMPUNE, ÎNCĂ NU ESTE TRATATĂ CORESPUNZĂTOR

LECȚIA TEHNOLOGICĂ A BIOLOGIEI este foarte valoroasă pentru dezvoltarea ingineriei. Această afirmație se bazează pe faptul că „sistemele de producție" ale Naturii, de exemplu cele ale unui ecosistem, sînt incomparabil mai bine organizate față de echivalentele lor realizate de om.

„Tehnologiile" sistemelor biologice se desfășoară și conlucrează în paralel (sînt bine *organizate sincronic*) și au o derulare corelată, toate produsele lor au o destinație la nivelul biotipului sau a ecosistemului, nu se întîlnesc structuri care să echivaleze cu deșeurile, rebuturile și reziduurile sistemelor concepute de om. Aceasta deoarece fiecare din structurile rezultate sînt purtătoare de utilități ca urmare a faptului că direcțiile de întrebuințare sînt bine alternate (sînt *organizate diacronic*). Astfel structura epuizată pentru o anumită folosință rămîne valoroasă pentru o serie sau cel puțin pentru o altă destinație. Dacă se urmărește logistica substanței în sistemele biologice se remarcă o pregnantă *ciclitate*, care este rezultatul intervenției unor tehnologii dispuse în așa fel încît să permită încărcarea, descărcarea și reîncărcarea cu valori (utilități) a respectivului purtător. Și ingineria a realizat arhitecturi ciclice de tehnologii pentru unele structuri (apă industrială, celuloză, ambalaje, mijloace de transport etc.) însă — pe ansamblu — volumul substanței reciclate în economie este destul de mic.

• INGINERIA NU DISPUNE DE ARHITECTURI DIACRONICE DE PRELUCRARE CONTINUĂ A STRUCTURILOR
• TEHNOLOGIILE SISTEMELOR BIOLOGICE SÎNT MODELE INTERESANTE ȘI VERIFICATE DE DEZVOLTAREA INGINERIEI

CONCEPTUL DE PURTĂTORI DE UTILITĂŢI, ce se propune, semnifică acea structură care în raport de o anumită direcţie de întrebuinţare deţine o valoare certă (fig. 2.3). Se urmăreşte să se realizeze o generalizare a unor termeni ce se extind în ultima vreme pentru folosinţe diverse

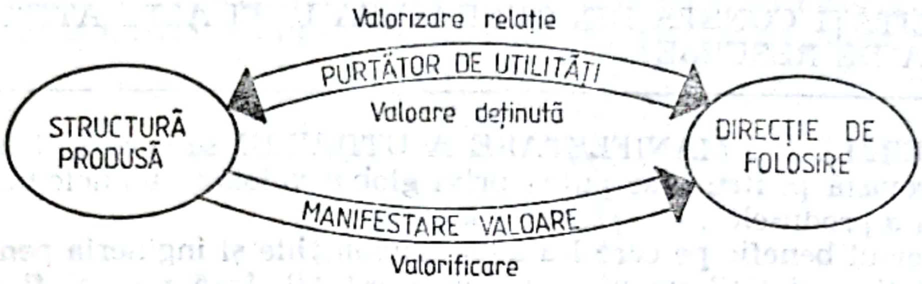


Fig. 2.3. Modul de constituire şi manifestare a calităţii de purtător de utilităţi.

(purtători de energie, purtători de informaţie, purtători de cultură, purtători de germeni ai bolilor infecţioase şi mulţi alţii).

Introducerea termenului de purtători de utilităţi în ştiinţele tehnice şi economice, cu deosebire în limbajul tehnologic, se impune pentru a se găsi un mod de exprimare care să elimine ambiguităţile pe care le generează definirea deşeurilor, rebuturilor, structurilor reziduale etc., care în semantica obişnuită indică elemente cu valoare scăzută, dar care în realitate se dovedesc a fi totuşi valorificabile parţial sau total în acelaşi scop sau în altele.

În plus, prin intermediul termenului de purtători de utilităţi se întinde o punte necesară între caracteristicile fizice, chimice, biologice etc. ale structurii şi corespondenţa pe care acestea o pot avea pentru a îndeplini rolul de *satisfactori* ai unor trebuinţe (mijloace de acoperire a lor).

Adoptarea termenului de purtători de utilităţi considerăm că mai oferă şi avantajul de a permite o nouă ordonare a produselor, şi anume după criteriul utilităţii lor, indiferent de natura structurii prin care se va genera valoarea. Ca urmare, de exemplu, în aceeaşi specie taxonomică a purtătorilor de informaţii se vor găsi vocea, gestul, hîrtia scrisă, imprimată şi perforată, banda şi discul magnetic, fotografia şi filmul, emisia de unde radio, cablul metalic şi din fibre de sticlă, semnalul luminos şi foarte multe altele.

Deoarece tot aşa de diverse sînt soluţiile posibile şi pentru cele mai multe din trebuinţele pe care tehnologia le are de acoperit rezultă că purtătorii de utilităţi se plasează în cîmpul dintre nevoile de satisfăcut şi mulţimea structurilor ale căror caracteristici le fac apte de a servi acesteia. Astfel se pun bazele unui nou domeniu de cercetare şi sistematizare, cel al *structomaticii satisfactorilor,* de maxim interes pentru proiectare, producţie şi economie. Produsul cel mai important al structomaticii satisfactorilor trebuie să fie punerea la punct: 1) *a dicţionarelor de soluţii* (structuri) pentru realizarea fiecărui tip de utilitate şi 2) *a dicţionarelor de utilităţi* (capabilităţi ale structurilor de bază), pentru ce sisteme beneficiare şi cu ce valoare.

• PENTRU A EVIDENȚIA MIJLOACELE DE SATISFACERE A NEVOILOR TERMENUL PURTĂTORI DE UTILITĂȚI ESTE MAI SUGESTIV

• CÎȘTIGUL SCONTAT PRIN CONCEPTUL PURTĂTORI DE UTILITĂȚI CONSTĂ DIN GENERAREA UNEI ALTE ATITUDINI FAȚĂ DE RESURSE

SFERELE DE MANIFESTARE A UTILULUI se cere a fi trecute și ele în revistă pentru a se putea privi global valoarea tehnologiilor, ingineriei și a produselor.

Aportul benefic pe care l-a adus tehnologiile și ingineria pentru calitatea vieții societății umane este incontestabil, însă nu pot fi neglijate unele neajunsuri ale acestora asupra omului și a mediului natural. Ca urmare, pentru dezvoltarea în viitor a ingineriei și tehnologiilor se revendică o nouă construcție de valori a producției, deci *o axiologie a tehnologiilor și a ingineriei*.

Scopul axiologiei sugerate constă din *axiomatizarea tehnologiei și ingineriei* (reconstrucția lor după criteriul valorii, a utilului) și *formalizarea acestora* (descrierea aportului lor prin intermediul unor mijloace formale, în limbajul matematicii, al logicii etc.).

Și în prezent tehnologiile și ingineria sînt studiate și apreciate în ceea ce privește valoarea, numai că *subiectul valorizării este limitat* (de exemplu unitatea de producție și cea beneficiară, neglijîndu-se toate celelalte impacte), ceea ce face ca imaginea care se obține în legătură cu obiectul creat și introdus de om într-un context economic și social determinat să fie incompletă, uneori cu grave consecințe (poluare, risipă de resurse etc.).

Axiomatizarea este chemată să corecteze erorile anterioare ale ingineriei și să evite altele. Pentru aceasta urmează a se opera cu VALORI UMANE ÎN ACORD CU NATURA, să se țină seamă de nevoile societății umane în condițiile respectului față de Natură, pentru a se realiza perpetuarea viului în ansamblul său. Axiologia ingineriei trebuie să se constituie drept o parte a axiologiei viului.

• PENTRU A PRODUCE VALORI TREBUIE SĂ ȘTIM SĂ VALORIFICĂM, CEEA CE IMPUNE EXISTENȚA UNEI AXIOLOGII SPECIFICE

• DEZVOLTAREA INGINERIEI ÎNLOCUIEȘTE OPTIMUL PARȚIAL CU OPTIMUL GLOBAL ȘI DE PERSPECTIVĂ

IPOSTAZELE INGINERIEI sînt multiple, însă o anumită tipologie a lor se impune pentru o mai cuprinzătoare descifrare a schemei ei generale. Există două posibilități de abordare cea integralistă și prin secționare.

Intervenția omului prin intermediul ingineriei a cuprins tot mai multe componente ale ambianței construite sau a celei naturale. Pentru a asigura acordarea acestora, a realiza homosanogeneza și ecosanogeneza, ingineria viitorului, în întregul ei, trebuie să fie o *inginerie a viului*.

Scanned with OKEN Scanner

Ingineria viului, sau poate mai cuprinzător *ingineria asupra naturii,* deoarece se cere să includă și procesele lumii nevii care influențează viul, este ingineria producției de bunuri necesare omului prin procedee și cu mijloace puse de acord cu mediul natural.

Corespunzător variatelor tipuri de produse pe care este necesar să le realizeze ingineria viului se disting ingineria pentru om, ingineria eco-

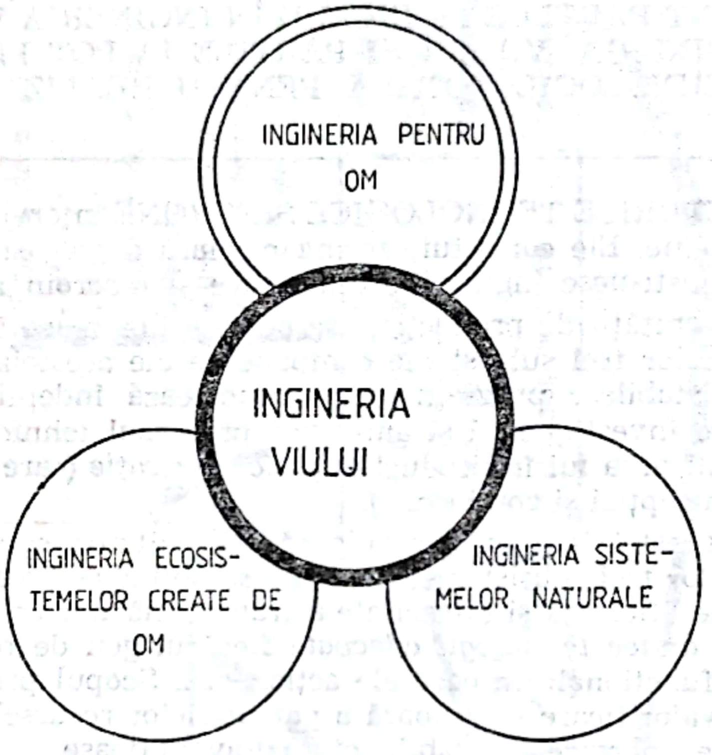


Fig. 2.4. Ingineria viului — macrosistemul ingineriilor și al tehnologiilor.

sistemelor naturale și ingineria ecosistemelor create de om. Ele se îmbină (fig. 2.4) printr-o zonă comună care evidențiază interferența, conlucrarea și intercondiționarea respectivelor macrosisteme.

Nu mai trebuie demonstrat că *ingineria pentru om* (producerea de alimente, medicamente, îmbrăcăminte, locuințe și alte bunuri de uz personal și social), *ingineria ecosistemelor create de om* (producția care realizează, exploatează și întreține ansamblele sau părțile ecosistemelor urbane, rurale, industriale, agricole, turistice etc.) și *ingineria ecosistemelor naturale* (de șes, păduri, ape, aer și altele, care și ele se cer astăzi a fi exploatate, întreținute, refăcute etc. cu ajutorul omului) trebuie cu toatele să țină seama de o serie de rigori comune, cum sînt exigențele omului, ale naturii, mai ales ale biosului, dar și de cerințele sistemelor de producție create și destinate nevoilor umane. Acest nucleu comun se propune să devină *arialul ingineriei viului,* care este necesar să descifreze paradigmele la care să răspundă cele trei *metaingineri specializate și sintetizatoare* arătate anterior.

Secționînd metaingineriile specializate se regăsește un număr mare de inginerii componente. Considerăm ca relevantă detașarea lor după simultaneitatea intervenției (cele bazate pe arhitecturi de tehnologii sin-

cronice) și după succesiunea participării lor la obținerea unei utilități, la prelucrarea unei structuri etc. (cele realizate prin arhitecturi de tehnologii diacronice). Cele două grupaje arătate se vor detalia în continuare.

• TEHNOLOGIILE ȘI INGINERIA ÎN ACCEPȚIUNEA DE ASTĂZI SÎNT PĂRȚI CE SE INCLUD ÎN INGINERIA VIULUI
• INGINERIA VIULUI ȘI PĂRȚILE EI POT FI DEFINITE DREPT TEHNOLOGIE TOTALĂ PENTRU REALIZAREA UNUI SCOP

ARHITECTURILE TEHNOLOGICE SINCRONE intervin în toate sistemele de producție. Ele constituie forma primară de regăsire a ingineriei, din care se construiesc ingineriile diacronice și macroingineriile.

Ingineria unității de producție, așa cum se ilustrează în fig. 2.5, operează asupra celor trei subsisteme componente ale acesteia, cele: *de conducere* (care stabilesc programele și organizează îndeplinirea lor), *de concepție* (care investighează și amplifică progresul tehnic și științific și proiectează aplicarea lui în producție) *și de fabricație* (care materializează programele concepției și conducerii).

Specific acestei inginerii trebuie să fie unitatea și simultaneitatea participării celor trei subsisteme. Pentru a se obține acestea, precum și un grad ridicat de eficiență și eficacitate a transformărilor ce se produc, este necesar *să se aplice tehnologii adecvate* fiecărui gen de resurse, precum și grupărilor funcționale în care ele acționează. Scopul principal urmărit rezidă într-o valorificare superioară a potențialelor resurselor și din generarea de efecte sinergice favorabile, cît mai avantajoase.

Schema prezentată arată că funcțiunile tehnologiilor privesc: 1) asigurarea intrărilor de resurse; 2) gestionarea și valorificarea resurselor existente în sistem; 3) organizarea ieșirilor din sistem și direcționarea lor spre beneficiarii indicați. Mai mult, se observă că resursa integratoare a întregului ansamblu este informația, prin sistemul de generare, vehiculare, depozitare, prelucrare și utilizare a ei.

Investigarea tehnologiilor proiectate, deci a celor concepute la constituirea unității de producție, și pentru care se prevăd mijloacele necesare, așa cum se mai întîlnește astăzi în procesul investițional, se constată că *nu sînt suficiente*. La înființarea unităților se soluționează mai ales problemele obiectelor și mijloacelor muncii pentru activitatea de bază (materii, materiale, dotări cu echipamente și alte condiții primare ale obținerii produselor), în timp ce problemele tehnologiilor sistemelor de conducere și concepție, ale tehnologiilor ce operează pe informații și tehnologiile sociale sînt rezolvate neorganizat (prin perpetuarea unor rutine, prin improvizații ș.a.m.d.).

Viitorul ingineriei unității de producție (în extensii diferite de la nivelul unei secții pînă la cel al platformelor industriale) *impune realizarea unor arhitecturi tehnologice sincrone complete*. Microorganizarea producției, prin apelarea la tehnologiile cele mai performante, este una din dimensiunile dezvoltării intensive, cea care este cel mai la îndemînă.

Scanned with OKEN Scanner

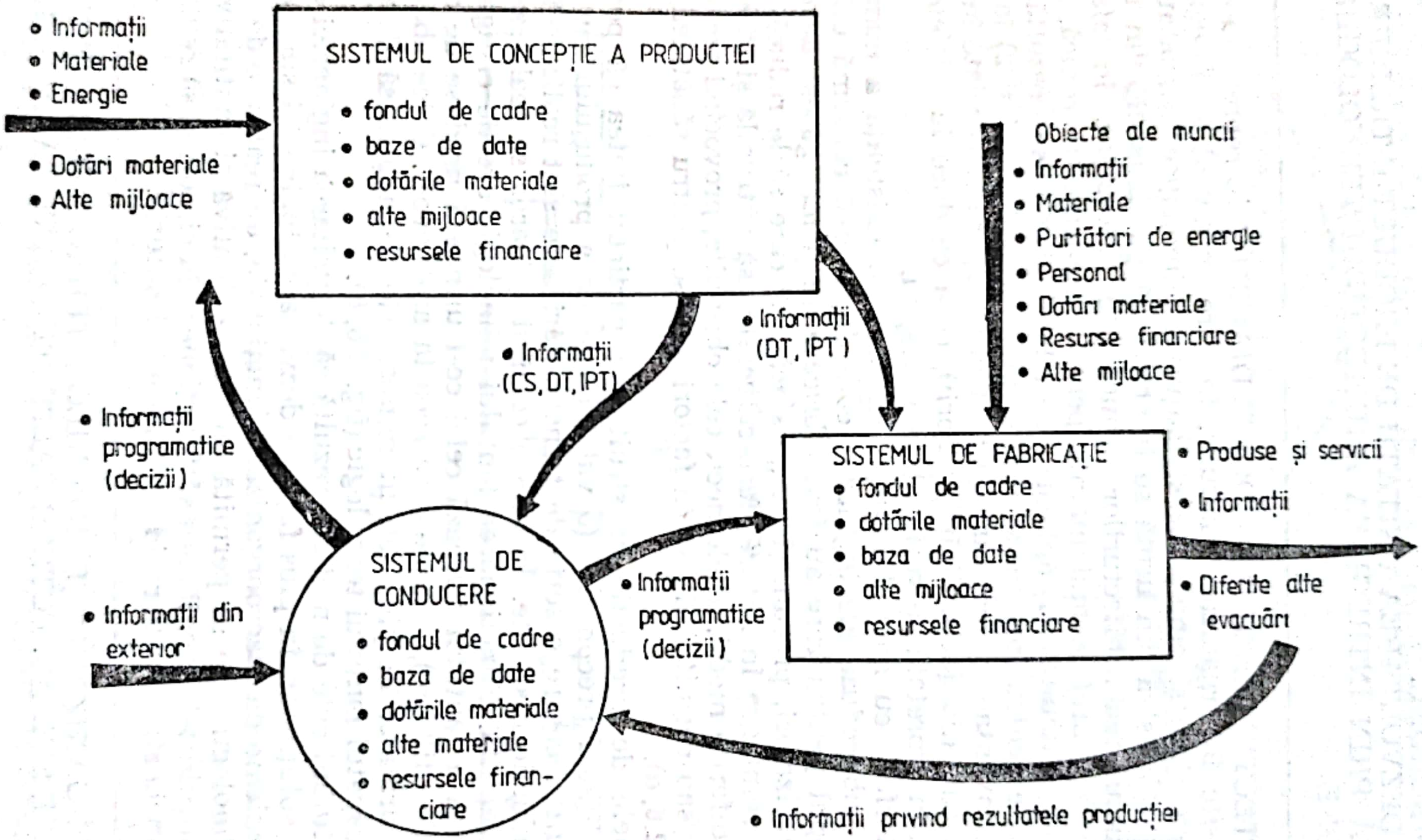


Fig. 2.5. Domeniul de acțiune al arhitecturilor tehnologice sincrone.

Scanned with OKEN Scanner

• TRANSFORMĂRILE DE BAZĂ ALE SISTEMELOR DE PRODUCȚIE SE REALIZEAZĂ PRIN ARHITECTURI TEHNOLOGICE SINCRONE.

• DEZVOLTAREA UNITĂȚII DE PRODUCȚIE TREBUIE ÎNCEPUTĂ PRIN ÎNTREGIREA ARHITECTURII TEHNOLOGIILOR SINCRONE

ARHITECTURILE TEHNOLOGICE DIACRONICE reprezintă ansambluri regăsite în organizarea naturii, în care în trecut se integra fără problemele majore și omul, dar și lanțurile tehnologice dezvoltate artificial. Însă și acestea din urmă se interferează cu sistemele din natură.

În structurarea arhitecturilor tehnologice diacronice, în afară de problemele deja arătate mai înainte pentru ingineria sincronică, mai se remarcă două dificultăți: 1) aplicarea de tehnologii din care rezultă structuri materiale pentru care nu se mai dispune de utilizatori și 2) lanțurile tehnologice inventate de om nu sînt perfect și operativ corelate între ele sub aspect calitativ (al utilității, valorii), ceea ce duce la eficiență sub posibilități, interpretată pe verigi și pe ansamblu.

La interfața cu mediul natural se remarcă existența a numeroase produse și subproduse ale ingineriei care după ce-și consumă utilitatea pentru scopul pentru care au fost fabricate nu-și mai găsesc destinație. Lipsa de utilizatori, precum și de „desfăcători“ care să le reducă pentru a se putea reintegra în natură, face ca acestea să pătrundă și să se acumuleze în diferite medii, altele decît cele obișnuite, provocînd perturbații ecologice și/sau constituindu-se ca factori de risc pentru sănătatea populației (fig. 2.6, *a*).

Sistemele de producție construite au particularitatea că pentru a obține finalitatea preconizată (o valoare anume a produsului sau a serviciului) sînt necesare o serie de transformări care sînt realizate în unități de producție distincte. În aceste condiții valoarea se realizează prin cumulare treptată. Funcționarea lanțului tehnologic are de cîștigat dacă fiecare verigă a lanțului livrează celei ce-i urmează produse de calitate (purtătorii de utilitate), cele de care aceasta are nevoie. Orice abatere de la condiția arătată, în plus sau în minus, este de natură să diminueze efectele la capătul lanțului tehnologic (fig. 2.6, *b*).

Recapitulînd cele de mai sus rezultă că dezvoltarea ingineriei diacronice are de soluționat, în plus față de dezvoltarea ingineriei sincronice, o serie de probleme de macroorganizare funcțională, de realizare de ansambluri de tehnologii care să permită unitatea calitativă și cantitativă, fără necorelări și prin tehnologii care să funcționeze în circuit și să reintegreze fără problemele structurile reziduale în mediul natural.

• ORGANIZAREA LANȚURILOR TEHNOLOGICE SE CERE A SE FACE SUB ASPECTELE CALITATIV, CANTITATIV ȘI TEMPORAL.

• INGINERIA DIACRONICĂ OCAZIONEAZĂ UN CADRU LARG DE PERFECȚIONARE TEHNICĂ, ECONOMICĂ, SOCIALĂ ȘI ECOLOGICĂ

CUM SĂ REALIZĂM RESTRUCTURAREA ingineriei și a tehnologiilor ce a fost sugerată mai sus? Iată o întrebare de maxim interes pentru cultură și civilizație. De răspunsul pe care vom fi capabili să-l dăm acestei probleme depinde într-un înalt grad viitorul omenirii.

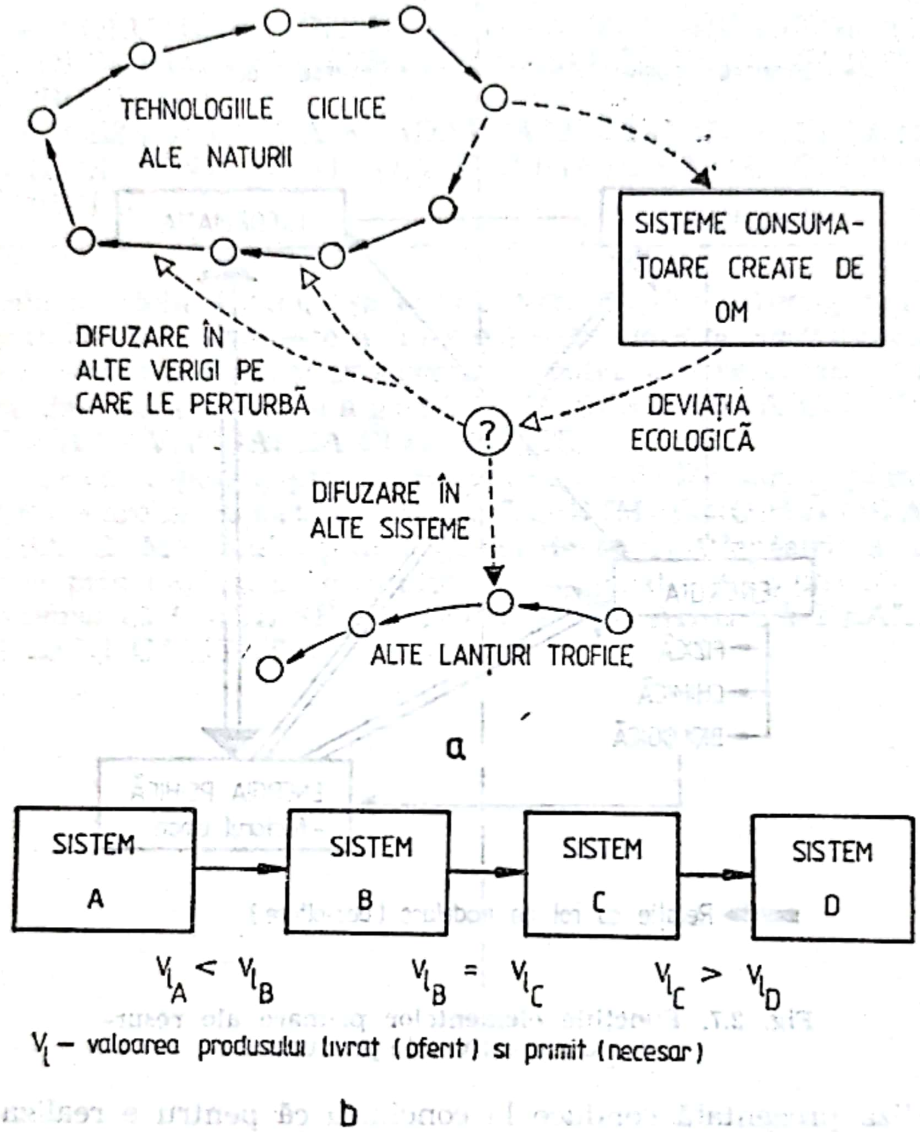


Fig. 2.6. Stări și probleme ale arhitecturii tehnologice diacrone.

Pentru a descifra căile de urmat, din ansamblul factorilor ce pot interveni trebuie să separăm pe cei care pot juca un rol determinant. În acest scop s-a procedat la reducerea sistemelor de producție la părțile lor elementare — substanță, energie și informație. Apoi acestea au fost ordonate așa cum se arată în fig. 2.7. Se remarcă existența a două tipuri de participări, respectiv, *componente pasive* (substanța și energia, aceasta din urmă considerată în general) și *componente active* (energia psihică și informația).

Componente pasive au fost considerate cele care pentru a căpăta o valoare (în fond a fi valorizate în raport cu o direcție de folosință) trebuie

să se intervină din afară. Spre deosebire de cele pasive, componentele active ale sistemelor de producție memorează soluții (omul și memoriile externe lui) și au capacitatea de a prelucra, combina și crea soluții (omul și mașinile inteligente).

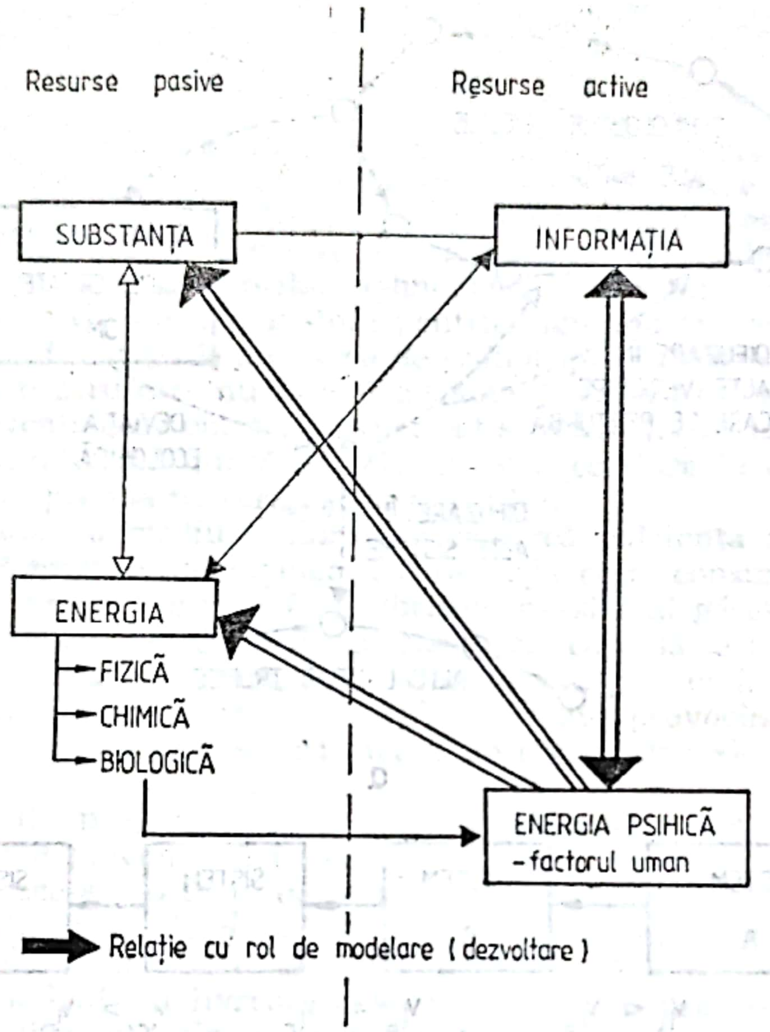


Fig. 2.7. Funcțiile elementelor primare ale resurselor constitutive ale producției.

Analiza prezentată conduce la concluzia că pentru a realiza dezvoltarea propusă *trebuie să se acționeze asupra componentelor active*, deci asupra factorului uman, ajutat de mașini inteligente, și asupra fondului de informații. Cu alte cuvinte este important să se realizeze o restructurare culturală (a culturii tehnologice în principal) și o amplificare a producției și utilizării informațiilor și a inteligenței.

În termenii acțiunii practice cele de mai sus echivalează cu: 1) *restructurarea modului de formare și perfecționare a inginerilor*, prin completarea educației lor cu acele tehnologii pe care în prezent nu le stăpînesc suficient, și cu algoritmi de imaginare și concretizare a arhitecturilor de tehnologii pentru realizarea obiectivelor producției; 2) *dezvoltarea organizațiilor producătoare de informații*, cu prioritate cercetarea, proiectarea și structurile creative ale unităților de producție; 3) *amplificarea înzestrării cu inteligență artificială și informații a producției* și afectarea

Scanned with OKEN Scanner

acestora cu precădere spre zonele de maximă utilitate; 4) *înființarea de bănci de date pentru uzul ingineriei* și articularea lor pentru a asigura întreaga complexitate și diversitate cerută și accesul rapid la informația necesară.

- SOLUȚIILE PENTRU RESTRUCTURAREA INGINERIEI ȘI TEHNOLOGIILOR VIZEAZĂ RESURSELE UMANE ȘI INFORMAȚIA PRODUCȚIEI.
- DEZVOLTAREA ȘI ADAPTAREA INGINERIEI ȘI TEHNOLOGIILOR SÎNT CONDIȚIA OBLIGATORIE A CONSTRUIRII VIITORULUI

Problema tehnologiei, așa cum a rezultat din investigarea făcută în acest material, se dovedește a fi *de o foarte mare actualitate,* ea pretinde *tratare interdisciplinară și prospectică,* pentru a fi rezolvată *solicită mari eforturi,* dar oferă șansa de a găsi CALEA SPRE NOUA CULTURĂ TEHNOLOGICĂ ȘI VIITOAREA CIVILIZAȚIE.

Lumea celor șase, șapte sau zece miliarde de locatari ai planetei, după orizontul la care ne raportăm, ARE NEVOIE IMPERIOASĂ DE ACEASTĂ SCHIMBARE. Mai mult, ținînd seama de istoria depășirii a numeroase alte crize prin modelarea mediului, corespunzător trebuințelor sale, sîntem convinși că OMUL SE VA DOVEDI CAPABIL SĂ REALIZEZE ȘI ACEST SALT CALITATIV.

Scanned with OKEN Scanner

II

MODERNIZAREA TEHNOLOGIILOR ȘI PRODUSELOR

Scanned with OKEN Scanner

3

Introducerea în practică a măsurilor de modernizare a proceselor de fabricaţie

Prof. dr. ing. Florin Teodor Tănăsescu
Vicepreşedinte al Comitetului Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie

Dezvoltarea intensivă a unei economii impune introducerea rapidă a progresului tehnic în toate activităţile productive avînd ca finalitate creşterea productivităţii muncii şi a nivelului de calitate, al realizării unei fabricaţii în condiţiile optimizării utilizării resurselor materiale, ceea ce poate asigura atingerea unei eficienţe ridicate. Înnoirea la perioade tot mai scurte a produselor impune asigurarea unui transfer rapid al soluţiei, de unde şi explicaţia unor „spargeri tehnologice", care revoluţionează de cele mai multe ori tehnicile pe care se grefează; este cazul microelectronicii spre exemplu, a materialelor noi, a comunicaţiilor prin satelit, a geneticii.

Era evident că, pentru a-şi schimba statutul de ţară în curs de dezvoltare, România trebuia să-şi stabilească un program adecvat care să asigure această dezvoltare intensivă. Şi aşa, în luna decembrie 1985, Comitetul Politic Executiv al P.C.R. a dezbătut şi aprobat „criteriile" ce trebuiau să stea la baza unei ample acţiuni ce viza perfecţionarea organizării şi modernizarea proceselor de producţie, criterii elaborate din iniţiativa Secretarului General al Partidului, tovarăşul Nicolae Ceauşescu.

Pentru coordonarea întregii acţiuni s-a constituit o comisie centrală şi-n mod corespunzător la nivelul ministerelor, centralelor şi întreprinderilor precum şi la nivelul judeţelor, s-au constituit comisii care să coordoneze şi să urmărească îndeplinirea programelor de modernizare stabilite.

Pentru a ne face o imagine a modului în care a evoluat în timp acţiunea de organizare şi modernizare, voi încerca să reamintesc cîteva momente mai importante. În perioada februarie—mai 1986, la recomandarea comisiei, a avut loc, la conducerea superioară, analiza sintezelor programelor de perfecţionare a organizării şi modernizare a proceselor de producţie ale unor întreprinderi, centrale, ramuri industriale şi ministere. Cu această ocazie, analiza şi-a propus nu numai studiul dezvoltării unei unităţi ci întreg lanţul de corelaţii ce se pot stabili de la asigurarea cu materii prime şi energie, la perfecţionarea şi modernizarea produselor şi tehnologiilor, corelarea între diversele ramuri şi subramuri din economie, desfacerea atît la intern cît şi la extern a producţiei realizate, în condiţiile unei eficienţe economice superioare.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza unor criterii stabilite de comisia centrală, peste 1 500 întreprinderi şi-au elaborat programe de măsuri ce cuprind la nivelul economiei peste 76 500 poziţii. Aceste criterii se referă la direcţii importante care, prin realizarea unor tematici incluse în acestea, pot asigura obiectivele propuse. Ele se referă în principal la:

- modernizarea fluxurilor tehnologice de fabricaţie;
- îmbunătăţirea pregătirii tehnice, programării, lansării şi urmăririi producţiei;
- raţionalizarea debitării şi pregătirii materialelor;
- modernizarea controlului de calitate şi a mijloacelor de control tehnic;
- îmbunătăţirea organizării activităţii de gospodărire a energiei, de întreţinere şi reparare a mijloacelor de producţie, de transport, depozitare, conservare şi manipulare a produselor;
- îmbunătăţirea organizării conducerii producţiei şi a muncii, a aplicării acordului global şi direct;
- perfecţionarea pregătirii forţei de muncă.

Este clar că totalitatea măsurilor ce trebuiau stabilite în cadrul acestor direcţii urmau să asigure ceea ce Congresul al XIII-lea al Partidului stabilea ca sarcini pentru etapa 1986—1990, şi anume: o dublare a productivităţii la finele cincinalului, asigurarea unor produse noi, modernizate şi la nivelul celor mai reprezentative produse pe plan mondial, introducerea unor tehnologii cu eficienţă sporită şi care să constituie suportul pentru atingerea productivităţii stabilite, reducerea în continuare a consumurilor de materiale şi de energie, asigurarea unei competitivităţi a produselor româneşti la export.

În aceste zile, cînd se finalizează prima etapă a acţiunii de modernizare (30 iunie 1987), putem să constatăm că, în cele mai multe cazuri, programele de modernizare, corect întocmite şi urmărite de unităţi, au constituit un mijloc esenţial de orientare a eforturilor colectivelor spre înnoire, spre obţinerea unei eficienţe sporite, atrăgînd mase largi de oameni ai muncii pentru rezolvarea lor.

Rezultatele cu care s-a încheiat anul 1986, creşterea producţiei marfă industriale cu 7,7% faţă de anul 1985, creşterea productivităţii muncii cu 7,4% au fost posibile şi datorită celor 39 000 de măsuri prevăzute în programele de modernizare care, îndeplinite, au asigurat caracterul intensiv al dezvoltării.

De asemenea, la nivelul etapei actuale se poate anticipa că rezolvarea în continuare a măsurilor prevăzute va conduce la obţinerea unei producţii marfă suplimentară de peste 63 miliarde lei, din care peste 13 miliarde lei producţie pentru export, ceea ce va asigura dezvoltarea României în conformitate cu prevederile celui de al XIII-lea Congres al Partidului.

Eficienţa acestei acţiuni, ca şi atingerea în viitor a unor cote şi mai înalte, are şi explicaţia adoptării unui mecanism riguros de stabilire şi urmărire a sarcinilor, de cuantificare şi raportare a lor, de intervenţii operative şi eficiente pentru introducerea unor corecţii ce se impun, pentru eliminarea unor restanţe sau completarea cu o serie de măsuri impuse de viaţă. Comisiile — la orice nivel ar funcţiona ele — constituie organe colective, care urmăresc aceste programe ale unităţilor, atrăgînd

în mod conștient cele mai bune cadre la rezolvarea lor. Controlul permanent, atît pe plan local cît și la nivelul economiei, schimburile de experiență la nivelul unor unități în cadrul județului sau din țară, au condus, în mod constant, la îmbunătățirea activității de modernizare a unităților industriale.

Desigur că una dintre sarcinile importante ale acestei acțiuni se referă și la transferul rapid al unor rezultate valoroase obținute în unele unități spre altele la care acest lucru era posibil. Prin aceasta — similar unui sistem de vase comunicante — progresul tehnic devine un bun al tuturor, de unde premizele atingerii unei eficiențe maxime, într-un timp mai scurt.

Din acest punct de vedere, în cele ce urmează, în completarea datelor cu caracter general de sinteză, voi insista asupra unor măsuri mai reprezentative, care au condus la obținerea unor eficiențe sporite și care, prin structura lor, pot fi generalizate și-n cadrul altor unități. Volumul impresionant de date m-a obligat să mă refer doar la un număr limitat de rezolvări, grupate în mod special în domeniul construcțiilor de mașini și electronicii, fiind convins încă de la început că și altele ar putea figura, dar rămînînd pentru o următoare prezentare.

Productivitatea muncii și modernizarea mașinilor-unelte și a liniilor tehnologice

Productivitatea muncii în industria construcțiilor de mașini depinde, printre alți factori, și de mașinile-unelte utilizate, de dispunerea în fluxuri tehnologice optimizate. Într-o fabrică de mașini-unelte, practic, nu se modernizează doar mașina, conferindu-i performanțe mereu mai înalte, ci implicit și procesul de muncă al viitorului utilizator care, primind o nouă tehnică, este condus deliberat spre obținerea unor efecte tehnico-economice superioare.

Experiența Întreprinderii de Mașini-Unelte din Bacău este din acest punct de vedere edificatoare. Printr-o colaborare exemplară cu Institutul de Cercetare și Inginerie Tehnologică pentru Mașini-Unelte (ICSIT — Titan), unitatea a trecut la modernizarea tuturor mașinilor-unelte grupate în sisteme de mașini, mai mult de 80% dintre produsele care figurează în programul de fabricație fiind în curs de modernizare.

Două dintre mașinile-unelte recent modernizate, tipul AF, au căpătat noi parametri funcționali, care le situează la nivelul celor mai bune produse similare din lume.

Atît pentru producătorul mașinii, cît și pentru utilizatorul ei, au rezultat avantaje tehnico-economice importante. Astfel, greutatea mașinii AF 85/100-202 a fost redusă cu 800 kg, iar unele din soluțiile tehnice utilizate — ghidaje placate cu mase plastice, în locul bronzului sau plăcuțelor sinterizate — a însemnat și obținerea unei mai bune funcționalități; pentru beneficiar, productivitatea mașinii și „flexibilitatea" ei a generat posibilitatea de adaptare rapidă la schimbările pe o linie de fabricație, conducînd în final la o sporită eficiență în utilizarea fondului de timp.

Această tendință de a asigura un caracter „flexibil", liniilor, a condus la realizarea unor Centre de prelucrare, CPFH 800, un agregat complex de înaltă tehnicitate și productivitate, cu comandă numerică și magazie de scule. Spre exemplu, piesele de formă prismatică vor putea fi realizate de acum pe această mașină într-un regim complet automatizat, cu automat programabil care asigură o înaltă precizie și finețe de conturare în condițiile realizării unei productivități ridicate. Introdusă în dotarea Întreprinderii de Mașini-Unelte din Bacău, ea reprezintă, în egală măsură, și o tehnică ce se recomandă a fi aplicată și-n alte unități, ținînd seama de productivitățile superioare pe care o prezintă și de gama largă de piese ce pot fi realizate, conferindu-i caracteristica dorită, de a fi „flexibilă" la solicitări oricît de variate.

Preocupările întreprinderilor constructoare de mașini electrice de a realiza „coeficienți de scoatere" cît mai ridicați la debitarea tolelor rotorice sau statorice s-au concentrat în ultima perioadă pe realizarea unor linii tehnologice și scule specializate care să asigure atingerea acestui obiectiv. Experiența Întreprinderii „Electromotor" Timișoara este din acest punct de vedere valoroasă și pledează pentru o rapidă aplicare și la celelalte fabrici producătoare de motoare electrice.

Ștanțarea din bandă a tolelor pe 3 rînduri se realizează cu o ștanță combinată cu acțiune succesivă de perforat și decupat. La o cursă dublă a presei se obțin trei tole stator, respectiv trei tole rotor, prin amplasarea în paralel a trei linii de ștanțare cu 4 pași, fiecare înglobate în aceeași sculă. Funcționarea ștanței decurge după schema tehnologică de la ștanțarea pe un singur rînd: ancoșare rotor, ancoșare stator, decupare rotor și stator. Avansul benzii și obținerea pasului se realizează cu un dispozitiv automat cu role. Diametrul maxim al tolei stator, la care se poate aplica ștanțarea pe trei rînduri, este limitat doar de forța presei și de lățimea maximă a benzii admisibilă la dispozitivul de avans.

Creșterea productivității și asigurarea unor economii de materie primă de cca 20 t/an de bandă silicioasă la Întreprinderea „Electromotor" Timișoara sînt motive care fac ca tehnica prezentată, adaptată la specificul de fabricație al altor întreprinderi de mașini electrice, să o regăsim în programele de modernizare, implicit și sub alte forme: debitare în „zig-zag", cu „punțiță negativă", la Întreprinderile de Mașini Electrice din Pitești, București, Filiași și Sfîntu Gheorghe, precum și la „Electroprecizia" Săcele.

Pe linia reducerii consumului de metal și a creșterii productivității muncii la operațiile de debitare, de data aceasta pentru tablele utilizate la confecționarea panourilor, dulapurilor electrice, transformatoarelor etc. se poate menționa linia tehnologică pusă la punct de Întreprinderea „Electroputere" Craiova și aplicată la fabrica de transformatoare din Filiași, Întreprinderile de Panouri Electrice Bistrița și Alexandria, care constă în debitarea și decuparea tablelor pe mașini de debitat cu comandă numerică, ștanțarea efectuîndu-se pe baza unor programe adecvate. Operațiile se realizează cu precizii mai mari, cu economii de metal de 5 ... 10%, cu o creștere a productivității muncii de 15 ... 20%, asigurînd o fabricație de mare repetabilitate.

De altfel, la această scară, problema capătă importanță deosebită în industria navală, unde croirea cu ajutorul calculatorului electronic după

planuri de tăiere optimizate, aplicată la șantierele navele din Galați, Brăila și Constanța, se va generaliza la toate șantierele navale din țară.

Că anumite tehnologii își depășesc cadrul, zona în care au apărut inițial, generalizîndu-se și în alte sectoare, este dovedit de faptul că tehnologia de croire a stofelor și pînzelor, pentru o utilizare maximă a suprafețelor, se realizează cu calculatorul electronic la Întreprinderea de Confecții și Tricotaje București și este prevăzută a se generaliza, în acest an și în anul viitor, la încă 7 unități de profil.

Tehnologiile noi, determină rezolvări noi

Indiscutabil că tehnologiile noi ocupă un loc principal în programele de modernizare, unele cu caracter mai general — cum sînt cele specifice sectoarelor calde, al croirii și debitării unor materiale, al prelucrării neconvenționale a metalelor prin procedee electroerozive, laser, fascicol de electroni — altele cu un caracter mai restrîns, specific unor sectoare cu o specializare îngustă, cum este cazul microelectronicii, chimiei fine, metalurgiei speciale etc.

Analiza rezultatelor obținute în perioada 1986—1987 scoate în evidență că aplicarea unor noi tehnologii în procesul industrial stă la baza unor rezultate cu implicații tehnico-economice pozitive care au cîștigat încrederea utilizatorilor și lasă să se întrevadă, pentru etapa viitoare, largi generalizări. Din rîndul acestor tehnologii mi-aș permite a menționa rezultatele cele mai semnificative, inclusiv din punctul de vedere al perspectivei generalizării lor. Aș începe cu prelucrarea metalelor prin procedee de electroeroziune. Realizarea în țara noastră a mașinilor de electroeroziune cu electrod masiv și electrod filiform de către Întreprinderile Electrotimiș și Electrotehnica din București pe baza concepției Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Construcții de Mașini, Institutul de Cercetări pentru Industria Electrotehnică și Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări, stabilirea unor tehnologii de înaltă calitate și productivitate au determinat dotarea masivă a sculăriilor din industria prelucrătoare cu mașini de acest tip. Productivitățile au crescut — funcție de configurația pieselor de prelucrat — cu 80—150%, consumurile energetice s-au redus sensibil, iar calitatea de execuție și reproductibilitatea de realizare a seturilor de piese a fost cu totul deosebită. Peste 80 de întreprinderi și-au prevăzut, prin programele de modernizare, dotarea cu asemenea echipamente, impunîndu-se chiar modernizarea și dezvoltarea altor sisteme de mașini de electroeroziune, cu alte regimuri tehnologice, cu posibilități largi de prelucrare chiar pe contur. Este de așteptat ca, însăși la institutele de profil, să apară în programele de modernizare dezvoltarea unor mașini de prelucrare după principii mixte electroeroziune — eroziune chimică, în special pentru procedee de mare productivitate (circa 200%), cum este cazul debavurărilor, degroșărilor de piese etc., mașini care, implicit, au început să intre în dotarea unor unități (Întreprinderea de Autocamioane Brașov, Întreprinderea de Autoturisme Pitești), dar care

Scanned with OKEN Scanner

prin eficiența lor tehnico-economică se justifică a fi implementate într-o paletă mai largă.

Necesitatea ca prin tratamente termice, în anumite condiții de mediu, să se îmbunătățească performanțele unui metal, au favorizat generarea pe un plan ascendent a tehnologiei de nitrurare, operație prin care metalul, dispus într-o incintă aflată sub vid și-n care au loc descărcări electrice în mediu de azot, capătă caracteristici fizico-mecanice sensibil ameliorate. Realizate de Institutul Central de Fizică București, Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică de Mașini pentru Industria Ușoară — Filiala Tg. Mureș, Institutul de cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Proiectare pentru Sectoare Calde și Metalurgie București, circa 30 echipamente au fost livrate în perioada 1986—1987, semnalîndu-se din partea beneficiarilor un interes mereu crescînd, mai ales după ce portofoliul de tehnologii specifice a crescut, de altfel ca și al stăpînirii echipamentului, la parametri apropiați de cei maximi, pe care acestea le asigură.

Productivitatea obținută la Întreprinderea Electroaparataj, Întreprinderea de Utilaj și Piese de Schimb Botoșani, Întreprinderea Mecanică Cîmpina, Combinatul Siderurgic Galați, și care a variat între 160% și 200%, precum și calitatea pieselor care au fost supuse acestui tratament impun generalizarea tehnologiei și în alte sectoare ale economiei și cuprinderea acestor echipamente în programele de modernizare ale unor întreprinderi, în special din construcția de mașini, industria electrotehnică, atelierele de reparații ale pieselor de schimb din diverse ministre.

Cercetări dezvoltate în ultimii ani la Institutul de Cercetare Științifică, Ingineria Tehnologică și Proiectări pentru Sectoare Calde și Metalurgie au condus la punerea la punct a unei tehnologii și a unor utilaje de forjare orbitală bazată pe principiul că în timpul presării, forța de deformare se aplică numai pe 20 ... 30% din suprafața semifabricatului, producînd o deformare parțială și treptată a materialului. Micșorarea suprafeței de contact între semifabricat și matrița superioară se datorește mișcării de oscilație pe care o execută aceasta cu o frecvență de pînă la 200 cicluri/minut și cu o înclinație de 0 ... 2° față de axa culisoului. Oscilațiile pot fi programate pentru patru tipuri de traiectorii posibile (dreaptă, cerc, spirală, cicloidă), corespunzător configurației piesei deformate. Datorită noii cinematici a sculelor, forța necesară deformării orbitale reprezintă numai o fracțiune (20 ... 25%) din forța de deformare pe prese convenționale.

Procedeul permite prelucrarea oțelurilor aliate cu conținut redus de carbon, a metalelor neferoase (cupru, aluminiu etc.); forma pieselor poate fi disc, inel, pinion, zale, roți dințate, tije cu flanșe, șuruburi etc. Prin acest procedeu se evită uzinarea convențională a pieselor pe mașini universale, forjarea la cald și deformarea plastică convențională asigurînd un consum minim de material și de energie, deformare într-o singură fază de execuție și o precizie ridicată.

Reducerea consumului de metal cu 25 ... 30% și creșterea productivității muncii cu 40% au determinat generalizarea acestei tehnici la Întreprinderea nr. 2 Brașov, Întreprinderea Mecanică Cugir, Întreprinderea „6 Martie" Zărnești, dar se regăsește în programul de modernizare pentru o rapidă însușire la încă 30 de întreprinderi din construcția de mașini.

Tehnologia de recuperare a aluminiului din deșeuri a fost introdusă la Întreprinderea de Autocamioane Brașov, „Electroprecizia" Săcele, Întreprinderile de Mașini Electrice din București și Pitești, Electromotor Timișoara, Ceahlăul Piatra Neamț, IOR, „23 August" și Neferal București.

Metoda cuprinde, ca faze principale, sortarea deșeurilor de aluminiu după calitate, granulație și compoziție chimică, introducerea în cuptor în alternanță cu flux indigen, corectarea compoziției chimice, tratarea termică în stare lichidă (degazare, modificare) și turnare în lingouri sau piese.

Eficiența economică a aplicării acestei tehnologii se materializează în reducerea prețului de cost al aluminiului cu 75% față de aluminiul primar, în economie de energie utilizată la elaborare și economie valutară de circa 1000 dolari/t prin producerea în țară a fluxurilor care se aduceau din import.

Tehnologia de recuperare a aluminiului din deșeuri poate fi extinsă prin generalizare în cadrul acțiunii de modernizare a proceselor de producție la toate întreprinderile care au turnătorii de aliaje de aluminiu cu o producție de peste 100 tone anual.

În scopul valorificării oțelului VCW 85 din matrițele uzate, Institutul de Cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Proiectare pentru Sectoare Calde și Metalurgice, a elaborat o tehnologie de retopire a acestora în baie de zgură, matrița uzată reprezentînd electrodul consumabil. Oțelul astfel topit este colectat într-un cristalizor din cupru (∅ 320 mm) răcit cu apă, unde se solidifică formînd viitorul lingou.

Instalația de retopire a matrițelor uzate în baie de zgură (REZ) are o putere instalată de 815 kVA, utilizează un curent de retopire de 1000 ... ... 6000 A la o tensiune de 0 ... 50 V.

Procedeul este utilizat cu succes în prezent la Întreprinderea de Autocamioane Brașov, „LAROMET" București și I.M.A.S.A. Sfîntu Gheorghe și ocazionează o reducere a costului lingourilor de oțel VCW 85 cu 55 000 lei/t (de la 123 000 la 68 000 lei/t) reducerea substanțială a consumului de oțel datorită unei fiabilități cu 20 ... 30% mai mari a matrițelor executate din oțel recuperat prin retopire față de cele executate din oțel elaborat primar, reducerea efortului valutar pentru importul de feroaliaje necesare elaborării oțelului VCW 85 precum și eliberarea unor capacități de forjare, întrucît lingourile elaborate în cadrul noii tehnologii nu mai necesită a fi supuse vreunei deformări plastice.

Tehnologia poate fi generalizată fără probleme deosebite la toți marii consumatori de matrițe, instalația de recuperare prin retopire în baie de zgură putînd fi construită, la capacitatea necesară cu componente realizate în exclusivitate în țară.

O tehnologie de control cu largi posibilități de generalizare este aceea a detensionării prin vibrație a pieselor mari turnate sau sudate. Întreprinderea „Electroputere" Craiova a pus la punct și realizat un echipament care vibrează piesa la rezonanță pe armonici principale sau secundare, făcînd astfel ca rețeaua interatomică să fie solicitată la tracțiune și compresiune, la forfecare sau la combinații dintre acestea. Vibrațiile sînt generate de un vibrator mecanic prins rigid de piesă, detensionarea urmărindu-se cu un traductor legat la un aparat înregistrator care sesizează atît intrarea în rezonanță cît și variația energiei în perioada vibrării,

odată cu eliminarea tensiunilor, cantitatea de energie necesară avînd tendința de scădere pînă cînd amplitudinea vibrațiilor se uniformizează, se micșorează. Piesele ce pot fi detensionate prin acest procedeu variază ca masă de la zeci de kilograme la zeci de tone, ceea ce dă o arie largă de generalizare acestei tehnici, mai ales că avantajele tehnico-economice înregistrate sînt semnificative: reducerea timpului de executare a operației (maximum 120 minute), reducerea consumului de energie cu circa 950 MWh/an, asigurarea unei calități superioare. Cele peste 50 instalații implementate în numeroase întreprinderi: „Electroputere" Craiova, Întreprinderea de Utilaj Greu Craiova, Întreprinderea de Mașini Electrice Turnu Măgurele, Întreprinderea Mecanică Moreni, Întreprinderea de Utilaj Greu Ploiești, Întreprinderea Mecanică Roșiorii de Vede, Întreprinderea de Mașini Grele București și sectoarele calde din industria construcțiilor de mașini au dat rezultate semnificative, ceea ce justifică o rapidă extindere a utilizării procedeului.

Valorificarea și recuperarea energiei termice în procesele industriale

Problema valorificării și recuperării energiei termice în industrie, în cea metalurgică, în special, datorită faptului că în cadrul procesului tehnologic se dezvoltă cantități mari de căldură, se regăsesc ca preocupări în programul multor unități din cadrul industriei materialelor de construcții, al sectoarelor calde din construcția de mașini, în combinatele siderurgice și chimice, rezultatele de etapă obținute confirmîndu-se prin economii însemnate de combustibil și energie.

Deosebit de valoroasă este soluția dată de Institutul de Proiectări Metalurgice (IPROMET), Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Echipamente Energetice (I.C.Ș.I.T.E.E.) pentru combinatele siderurgice din țară care și-au propus să recupereze o cantitate apreciabilă de abur de joasă presiune provenit, în special, de la instalațiile de laminare, la care procesul se desfășoară după un flux aproape continuu, producînd un debit relativ constant pe o durată de circa 8 000 ore/an.

De asemenea, în funcționarea convertizoarelor, în diversele faze ale ciclului de încărcare, încălzire metal topit, decarburare — descărcare convertizor, se degajă o mare cantitate de căldură, ceea ce justifică găsirea unor soluții pentru acest gen de consumator, generalizarea acestora la un număr mare de echipamente. Această valorificare secundară, în concepția propusă, înseamnă producerea combinată de energie electrică și căldură și recuperarea condensului în orice regim de funcționare. Plasînd în centrul de greutate al producerii aburului echipamentului realizat, la laminare, devine posibilă utilizarea directă a aburului saturat în turbină, realizîndu-se un ciclu similar celui întîlnit într-o centrală termică. Faptul că schema realizată permite atît producerea de energie electrică cît și de căldură pentru termoficare, dă posibilitatea combinatelor de a utiliza în modul cel mai eficient echipamentul, atît în perioadele reci cît și cele calde.

Dotarea într-o primă etapă a Combinatului Siderurgic Galaţi cu un turboagregat de 25 MW, posibilitatea de funcţionare a sa eficientă chiar şi la sarcini reduse, justifică atît dezvoltarea acestei soluţii în combinat, unde se mai prevede realizarea în viitorul apropiat a unui al doilea grup, cît şi în alte combinate metalurgice, în alte unităţi care dispun în cadrul proceselor tehnologice de abur la potenţial scăzut, căldura reziduală putînd fi economic recuperată. Faptul că economia anuală se estimează la circa 50 000 ... 55 000 tcc/an şi grup şi că, în paralel, va fi posibil să se asigure cu căldură un număr mare de apartamente şi că amortizarea investiţiei nu este mai mare de 6 ani, justifică generalizarea soluţiei respective şi-n cadrul unor alte unităţi cu profil tehnologic asemănător.

Recuperarea aburului rezultat dintr-o serie de procese tehnologice face obiectul unor preocupări deosebit de atente la Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie pentru Echipamente Energetice care a elaborat un număr de peste 20 proiecte destinate unui mare număr de combinate, cu producerea optimă de energie electrică şi abur; pentru aceste proiecte s-au realizat turboagregate speciale de puteri unitare de 6 ... 25 MW. Soluţiile prevăzute pentru combinatele siderurgice din Galaţi, Călăraşi şi Hunedoara şi pentru Combinatul de Oţeluri Speciale din Tîrgovişte pot fi în egală măsură extinse şi la combinatele petrochimice, unde se semnalează prezenţa unor cantităţi de abur rezidual a cărei energie poate fi convertită în mod util.

Analiza programelor de modernizare şi a rezultatelor obţinute în 1986, sau care se vor finaliza în 1987 ... 1988, evidenţiază implementarea într-un sistem ascendent a cazanelor recuperatoare în industrie la: Combinatul Siderurgic Călăraşi (cuptoare de propulsie de 120 t/oră de la laminoarele de profile mijlocii), Întreprinderea de Ţevi de Aluminiu de la Slatina, Combinatul Chimic Făgăraş (instalaţia de sulfură de sodiu), Combinatul Siderurgic Reşiţa (laminoarele tip koyo), Laminorul de Tablă Galaţi. Economiile pe care le asigură aceste echipamente depăşesc cifra de 30 000 tcc/an şi motivează interesul tot mai susţinut al întreprinderilor de a-şi dezvolta programe ambiţioase de recuperare a resurselor energetice recuperatoare, rezultate în cadrul proceselor tehnologice.

Pentru cazul unor cantităţi mai mici, recuperarea resurselor secundare industriale se poate realiza aşa cum au făcut-o cu bune rezultate întreprinderile de industrializarea lemnului de la Ciurea-Iaşi şi Bistriţa utilizînd turboagregate recuperatoare de puteri mai mici, de ordinul a 200 kW; intercalarea turboagregatului în circuitul termic nu afectează procesul tehnologic, funcţionarea sa fiind permisă în limite largi ale parametrilor aburilor de intrare şi ieşire ceea ce constituie un mare avantaj.

Faptul că la o durată de utilizare de ordinul a 2500 ore/an turboagregatul recuperator este eficient economic şi că, important pentru unităţile mici, asigură continuitatea alimentării cu energie electrică a unor consumatori vitali, impune analiza atentă a soluţiei, adaptarea şi generalizarea ei şi-n alte unităţi. De reţinut că turboagregatele de acest tip au asigurat beneficiarului necesarul de energie în proporţie de 20—30% neafectîndu-i procesele tehnologice vitale în cazul unor întreruperi în alimentarea cu energie electrică.

Recuperarea energiei la încercarea motoarelor termice și electrice pe standurile de încercări

În baza unor brevete de invenții dezvoltate la Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică, au fost elaborate echipamente specializate pentru recuperarea energiei electrice la încercarea acestora pe standuri în timpul verificării caracteristicilor sau a proceselor de anduranță.

În principiu, motorul de încercat este cuplat cu un generator (mașină asincronă, sincronă sau de curent continuu), eliminîndu-se frîna. Energia dezvoltată, în loc să se piardă prin procesul de frînare, este recuperată, generatorul cuplat cu motorul supus încercării, furnizînd tensiune ce este redresată și apoi transformată în energie de curent alternativ cu un invertor. Prin intermediul unui transformator de adaptare, energia recuperată se injectează în rețea.

Au fost realizate pînă în prezent la Întreprinderea „23 August" echipamente de recuperare a energiei la încercarea motoarelor termice pînă la 1 500 CP și a grupurilor electrogene; energia recuperată în cadrul unui an a fost de peste 1100 MWh.

Standuri de puteri mai mici (250 ... 600 kW) s-au realizat și la IRUEAR Cîmpina și IMEB.

Pentru etapa 1987—1988 este prevăzută punerea în funcțiune a altor însemnate echipamente de recuperare la I.C.M. Reșița pentru grupurile de tracțiune feroviară și grupuri electrogene, la Întreprinderea de Motoare Diesel București și la Centrala Industrială de Reparații Auto București. Economiile de energie ce vor fi obținute în cadrul unui an vor depăși 25 000 MWh.

În egală măsură, soluția își poate găsi însă largi utilizări la încercarea motoarelor pentru reductoare (Întreprinderea Vulcan) sau a motoarelor termice la Întreprinderea de Mașini Grele București și la Întreprinderea Tractorul Brașov.

*
* *

Rezultatele obținute pînă la această dată în cadrul acțiunii de organizare și modernizare a proceselor de producție scot în evidență existența unor soluții deosebite din punct de vedere tehnic și economic dezvoltate de institute, întreprinderi, catedre universitare, care aplicate în unitățile industriale au și condus la obținerea unor eficiențe sporite. În egală măsură însă, printr-o atentă generalizare, ele pot să-și aducă o contribuție superioară prin implicațiile pe care le pot genera. De altfel, de modul în care unitățile vor ști să-și îmbogățească programele proprii cu soluții ce li se potrivesc dar rezolvate de alții, va depinde și saltul rapid care se așteaptă de la acestea în prezentul cincinal.

Exemplele date în cadrul acestei lucrări, — doar cîteva din multitudinea soluțiilor valoroase —, au încercat să dovedească pe de o parte seriozitatea tehnică și eficiența economică a unor rezolvări, iar pe de alta, largile posibilități pe care le oferă generalizarea rezultatului valoros pe o arie tot mai largă — sarcină prioritară care trebuie să stea în atenția tuturor specialiștilor, tuturor colectivelor de muncă.

Scanned with OKEN Scanner

4
Experienţa Întreprinderii Electroaparataj-Bucureşti în domeniul controlului şi al calităţii

Ing. *Ilie Lăzărescu*
Ing. *Vasile Caisân*
Ing. *Sorin Chiriac*
Intreprinderea „Electroaparataj" — Bucureşti

1. Consideraţii generale

O cerinţă majoră a participării tot mai active a României socialiste la diviziunea internaţională a muncii, la schimbul de valori materiale, o constituie îmbunătăţirea nivelului tehnic şi calitativ al produselor.

Calitatea produselor industriale se realizează prin respectarea cerinţelor tehnice, economice, constructiv funcţionale, estetice şi de fiabilitate, care conferă acestora un înalt grad de utilizare şi asigurare a condiţiilor impuse de beneficiarii interni şi externi. Pentru a realiza produse de înaltă calitate, acestea trebuie să corespundă tuturor parametrilor prevăzuţi în standarde şi norme tehnice, condiţie a cărei îndeplinire determină, o dată cu livrarea produselor la beneficiari, obţinerea unei eficienţe însemnate.

În cele ce urmează sînt prezentate principalele preocupări şi experienţa Întreprinderii Electroaparataj, unitate fruntaşă pe ramură în întrecerea socialistă, distinsă cu înaltul titlu de „Erou al Muncii Socialiste", vizînd executarea şi livrarea produselor la un nivel calitativ cît mai ridicat. Experienţa dobîndită în domeniul creşterii calităţii, metodele şi tehnicile de lucru folosite, materializate prin obţinerea în fiecare an a unor eficienţe deosebite, pot fi utile atît conducătorilor de unităţi economice, şefilor de secţie şi de atelier, inginerilor şi tehnicienilor, cît şi maiştrilor, prin preluarea în forma prezentată sau adaptarea şi îmbunătăţirea sistemelor respective.

De-a lungul celor peste 35 de ani de existenţă, colectivul de oameni ai muncii de la Electroaparataj s-a specializat în fabricarea aparatajului electric de joasă tensiune de cea mai înaltă calitate şi complexitate. Nomenclatorul actual de fabricaţie al întreprinderii cuprinde produse ce totalizează circa 1100 de coduri distincte, executate în peste 3500 de sortotipodimensiuni, condiţionate de reglajele solicitate de beneficiari sau de mediile de exploatare cărora le sînt destinate. Principalele familii de produse fabricate în întreprindere sînt prezentate în fig. 4.1.

Produsele fabricate în cadrul Întreprinderii Electroaparataj sînt destinate majorității ramurilor economiei naționale și în principal unităților din cadrul industriei constructoare de mașini, industriei de utilaj greu, industriei electrotehnice, chimice, metalurgice, extractive, alimentare, industriei energiei electrice, etc. așa după cum rezultă și din tabelul 4.1.

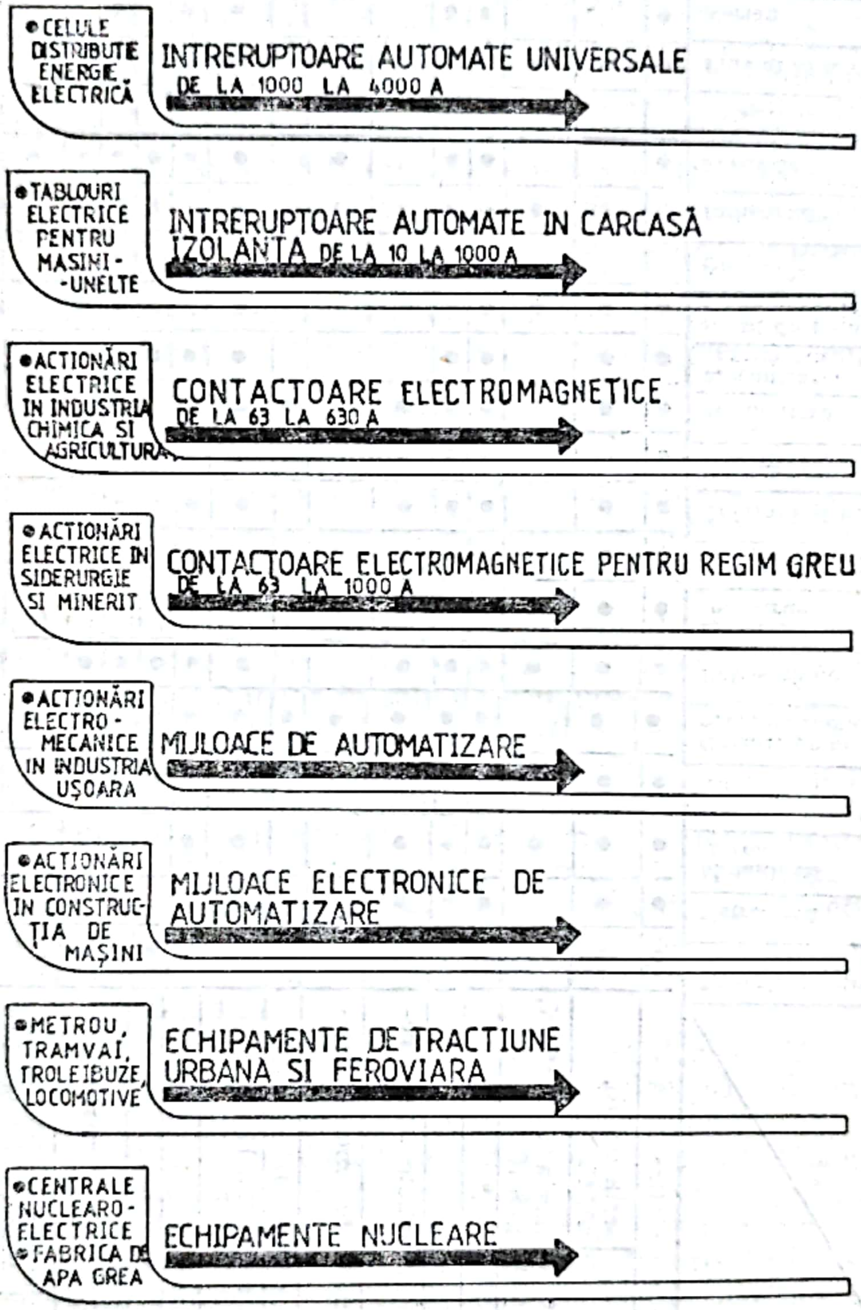


Fig. 4.1. Principalele familii de produse din sortimentul de fabricație al întreprinderii.

Produsele sînt realizate în diferite variante de execuție specifice beneficiarilor interni și externi: variante normale, tropicalizate (TH), navale, regim greu. Ca urmare a cerințelor impuse prin planul unic de dezvoltare al economiei naționale, în ultimii ani s-au introdus în fabricație

Tabelul 4.1

Domenii de utilizare ale aparatajului electric de joasă tensiune din profilul de fabricație al întreprinderii ELECTROAPARATAJ

Profilul de fabricație / Domenii de utilizare		INDUSTRIE											Agricult.		Con-struc.		Transporturi și telecomunicații					Export		
		Energie electrică termică, nucleară	Extractivă	Metalurgia feroasă	Metalurgia neferoasă	Constr. de mașini și prelucr. metalelor	Petrochimică	Materiale de construcții	Exploatarea și prelucr. lemnului	Celuloză și hîrtie	Ușoară	Alimentară	Mecanizarea agriculturii	Stații de pompare Sisteme de irigare	Civile	Industriale	Feroviar	Urban	Fluvial și maritim	Aerian	Telecomunicații	Normal	T.H.A.	Naval
Contactoare electromagnetice		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	X	X	X
Intreruptoare automate Compacte de mare Capacitate de rupere	seria USOL, AMRO	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•			•			X	X	X
	seria OROMAX, ASRO	•		•	•		•							•		•			•			X	X	X
Demaroare		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	X	X	X
Contactoare cu relee		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	X	X	X
Produse electronice (detectoare, relee etc.)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•						X	X	X
Intreruptoare automate mono, bipolare și tripolare		•				•									•	•	•	•				X	X	X
Relee protecție și pornire frigider						•						•										X	X	X
Microîntreruptoare tip CM, H, KM, AM, E		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	X	X	X
Butoane de comandă		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	X	X	X
Manipulatoare		•		•	•	•	•						•			•	•		•			X	X	X
Lămpi de semnalizare		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	X	X	X
Electromagneți de acționare		•	•	•	•	•	•				•		•	•		•	•		•			X	X	X
Echipamente specializate pentru tracțiunea electrică	Contactoare, inversoare, prize și fișe					•											•					X	X	X
	Aparataj electric, pentru tracțiunea minieră					•											•					X	X	X
	Echipamente tracțiune urbană, metrou					•												•				X	X	X
	Echipamente vagoane					•											•					X	X	X

și produse noi cu destinație specială, produse solicitate în industria aeronautică, precum și gama produselor necesare înfăptuirii programelor prioritare în economie, cum sînt: programul nuclear și de apă grea, programul de investiții pentru construcția metroului, canalului Dunăre—Marea Neagră, centrului civic al capitalei etc.

Realizarea sortimentului de fabricație prezentat, în condiții de calitate și eficiență maximă, este asigurată ca urmare a organizării și dezvoltării permanente a secțiilor și atelierelor specializate, a dotării acestora cu utilaje de mare precizie și productivitate, deservite de un personal de înaltă calificare, întreprinderea dispunînd de un puternic compartiment de cercetare-proiectare, de laboratoare modern utilate, în cadrul cărora se finalizează studiile și cercetările vizînd diversificarea sortimentului, comportarea în condiții climatice deosebite, modernizarea produselor etc. În cadrul întreprinderii există și un atelier de autoutilare, devenit de mai mult timp unul dintre sectoarele cheie, unde se execută dispozitive electronice, mașini de sudat prin puncte cu comandă electronică, instalații pentru fabricarea contactelor sinterizate, pupitre de control și reglaj în curenți stabilizați, aparatură de montaj mecanizată, dispozitive automate de confecționat bobine etc., toate realizate după proiecte proprii.

Un alt sector puternic dezvoltat este secția sculărie, care prin dotarea cu mașini și instalații moderne, deservite de muncitori specialiști cu înaltă calificare, asigură o temeinică pregătire a fabricației, corespunzătoare actualelor cerințe de precizie și calitate.

Debutul anului 1986 a fost profund marcat de acțiunile de organizare și modernizare a proceselor de fabricație, desfășurate în întreaga economie pe baza orientărilor trasate de conducerea superioară de partid. Sarcinile și indicațiile tovarășului Nicolae Ceaușescu, secretarul general al partidului, privind ridicarea nivelului tehnic și calitativ al produselor, modernizarea și reproiectarea acestora, folosirea de tehnologii noi și eficiente, au constituit imperative majore și mobilizatoare pentru toți oamenii muncii de la Întreprinderea Electroaparataj. În cadrul acestei acțiuni, Întreprinderea Electroaparataj și-a stabilit drept obiectiv propriu ca, în anul 1990, 92% din totalul produselor fabricate să se situeze la nivelul produselor similare pe plan mondial, iar 6% din acestea să depășească acest nivel (fig. 4.2).

În acest scop, în cadrul întreprinderii a fost declanșată o amplă acțiune de masă vizînd creșterea eficienței economice prin elaborarea unor analize a situației existente la nivelul tuturor secțiilor și atelierelor, instituindu-se în acest scop și cadrul organizatoric necesar. Obiectivele acțiunii de modernizare a proceselor de producție, prezentate în fig. 4.3, se referă în principal la introducerea fermă a progresului tehnic în toate sectoarele de activitate, astfel încît să se asigure tuturor produselor realizate în cadrul întreprinderii un înalt grad de competitivitate în condiții de maximă eficiență.

Conducerea eficientă a activității economice, în vederea realizării acestor obiective, a impus organizarea unei evidențe stricte și a unui control sistematic și exigent asupra execuției întregii producții materiale. În condițiile complexității crescînde a sarcinilor și problemelor pe care le ridică procesul de edificare a societății socialiste multilateral dezvoltate, de perfecționare continuă a organizării și conducerii între-

prinderilor industriale, de lărgire a atribuțiilor și competențelor unităților economico-sociale, a sporit considerabil responsabilitatea executanților și rolul controlului de calitate, în condițiile unei dotări corespunzătoare cu utilaje și mașini, a utilizării unor materiale cu caracteristici fi-

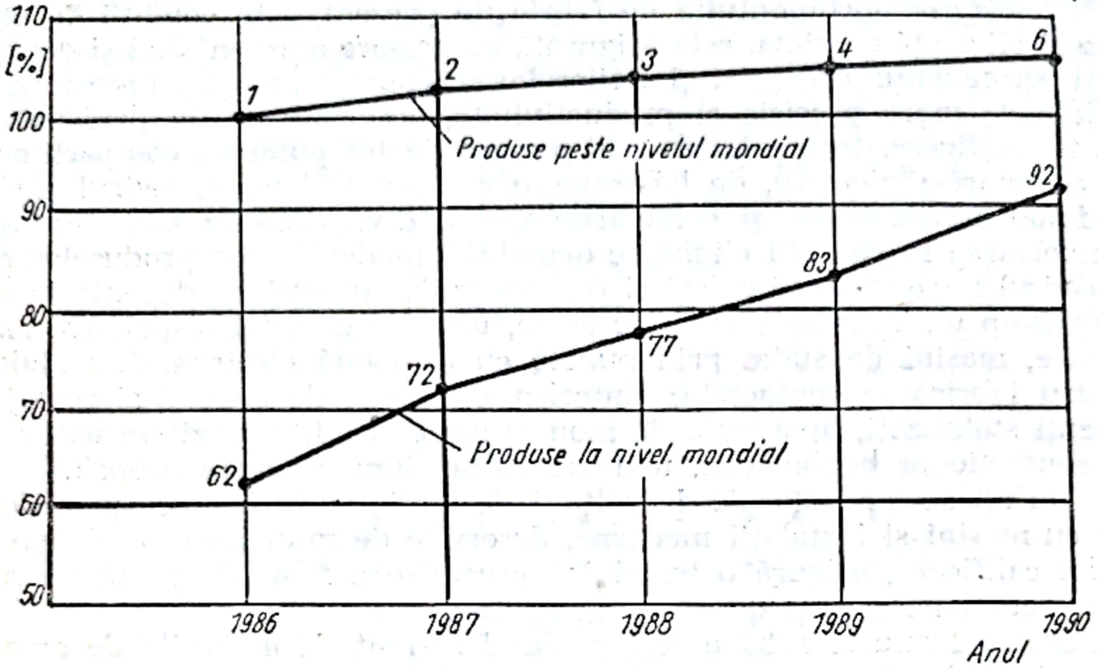


Fig. 4.2. Obiective în domeniul modernizării produselor.

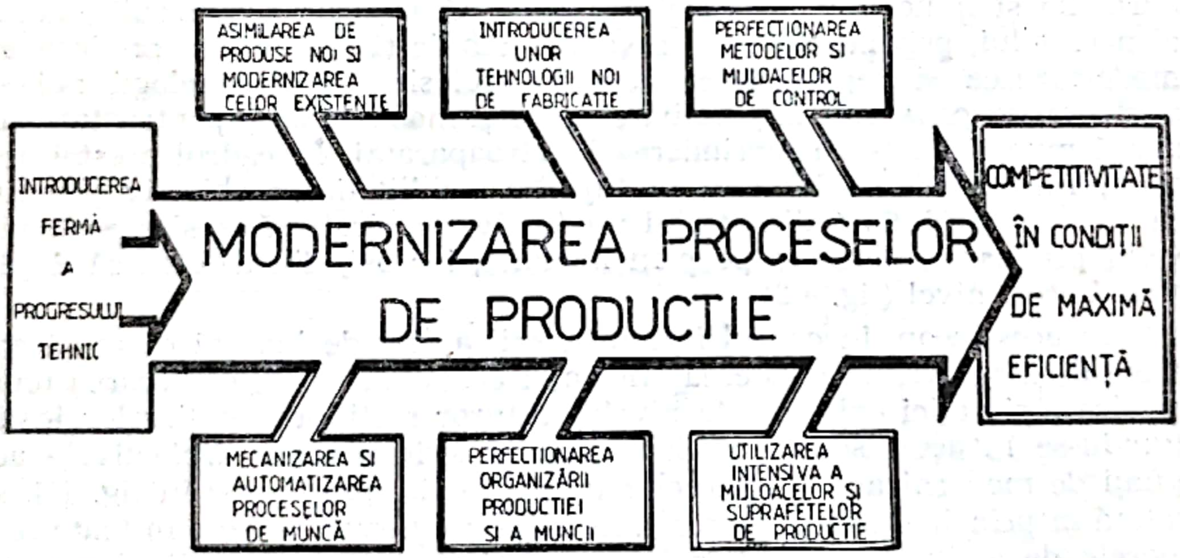


Fig. 4.3. Obiective ale modernizării proceselor de producție.

zico-chimice adecvate, a folosirii unor cadre tehnice cu o înaltă pregătire profesională și nu în ultimul rînd a unei organizări moderne și raționale a fluxurilor tehnologice.

Avînd în vedere importanța deosebită a aparatajului electric de joasă tensiune în ansamblul produselor industriale și obiectivelor din aproape toate ramurile economice pe care le deservește, este lesne de înțeles ce efecte negative poate avea livrarea și punerea în exploatare a unor pro-

duse necorespunzătoare. Pentru a evita astfel de situaţii nedorite este necesar să se menţină permanent un nivel calitativ ridicat al tuturor produselor. Acest deziderat este posibil de realizat prin utilizarea unor metode şi tehnici de lucru specifice, prezentate exemplificativ în continuare.

2. Control şi autocontrol

În contextul eforturilor deosebite care se depun în momentul de faţă în toate unităţile industriale pentru ridicarea calităţii tuturor produselor şi obţinerea unei eficienţe sporite, se propune acţiunea de asigurare a calităţii prin practicarea controlului şi autocontrolului la nivelul tuturor locurilor de muncă, realizîndu-se un control în lanţ.

Metoda se aplică acolo unde atenţia şi îndemînarea omului pot influenţa direct realizarea caracteristicilor de calitate în limitele tolerate de documentaţia de fabricaţie şi este utilizată la fiecare loc de muncă de către muncitorul care execută operaţia respectivă. Avantajul acestei metode constă, pe de o parte, în creşterea nivelului profesional şi de responsabilitate a executanţilor, iar, pe de altă parte, metoda îi ajută să depisteze şi să intervină operativ pentru înlăturarea anumitor defecţiuni sau dereglări ale maşinii sau utilajului, corecţia metodei de lucru etc.

Pentru aplicarea autocontrolului se consideră necesară elaborarea unui regulament de organizare şi funcţionare şi o decizie internă care va stipula instituirea cadrului organizatoric necesar asigurării unui nivel de calitate superior tuturor reperelor, subansamblelor şi produselor finite realizate la diferite linii de montaj, prin creşterea gradului de cointeresare şi responsabilitate a personalului muncitor executant, a personalului de control şi a factorilor de conducere.

Din multitudinea factorilor care condiţionează nivelul calitativ al produselor, regulamentul se va referi la aspectele legate de respectarea documentaţiei constructive şi tehnologice la modul de organizare a proceselor de montaj, control şi autocontrol, stabilindu-se un sistem de retribuire corelat cu nivelul de calitate al subansamblelor şi produselor executate. În acest context, regulamentul va prevedea introducerea obligatorie a autocontrolului la nivelul tuturor locurilor de muncă şi a operaţiilor executate la liniile de montaj, activitatea fiind efectuată de către toţi executanţii, pe durata întregului schimb de lucru, în baza unei instruiri prealabile şi a unor tehnologii de autocontrol specifice fiecărei operaţii.

Trebuie menţionat că prin introducerea controlului şi autocontrolului, efectuate de către executanţi, nu se exclude controlul organelor CTC. Dimpotrivă, după fiecare operaţie, subansamblele sau produsele vor fi controlate de către muncitorii din cadrul serviciului CTC. Astfel, se va diminua considerabil posibilitatea ca un reper sau subansamblu, ce nu corespunde din punct de vedere dimensional sau calitativ, să fie acceptat şi să-şi continue traseul pe fluxul tehnologic, pînă la obţinerea produsului finit.

În cazul în care, pe durata schimbului de lucru, la nivelul diferitelor locuri de muncă, sînt depistate repere, subansamble sau produse necorespunzătoare, acestea se vor separa şi elimina din fluxul de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

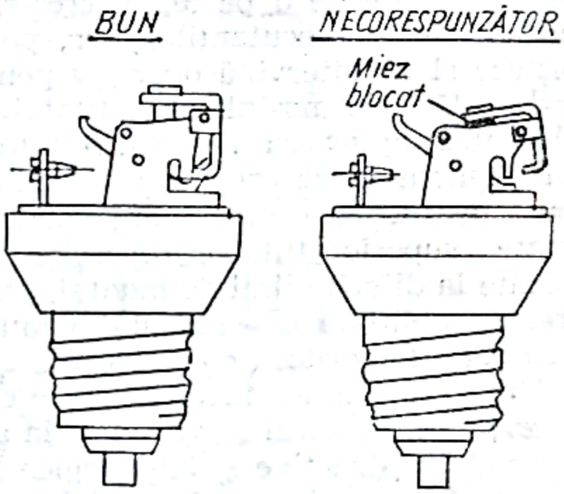
Avînd în vedere eficienţa economică deosebită preconizată a fi obţinută prin aplicarea sistemului de autocontrol-control la nivelul liniilor de montaj, acesta a fost introdus cu titlu experimental la linia de montaj a întreruptorului automat USOL 100A, cu titlu experimental.

În acest scop au fost întocmite tehnologiile de autocontrol-control, care au fost afişate la locurile de muncă pe tăbliţe speciale. Astfel de tehnologii de autocontrol sînt prezentate exemplificativ în fig. 4.4 şi 4.5.

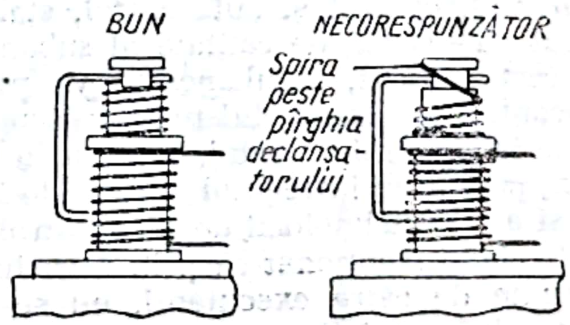
MONTAT PE SUBANSAMBLUL FORMAT ANTERIOR ŞAIBĂ IZOLANTĂ, CARCASĂ BOBINĂ, MIEZ MOBIL RESORT, PÎRGHIE DECLANŞATOARE ŞI ŞTIFT

Inainte de efectuarea operaţiei se vor verifica subansamblele primite de la operaţia anterioară (dacă suportul mecanism a fost bine fixat pe carcasă) şi se vor respinge cele necorespunzătoare.

Se va verifica culisarea liberă a miezului mobil în carcasa bobină.



Se va verifica aşezarea corectă a resortului între pîrghia declanşatoare şi carcasa bobină.



După montarea reperelor se vor efectua cîteva manevre închis-deschis prin armarea clichetului pe ştiftul filetat şi declanşarea prin apăsare pe pîrghia declanşatoare, urmărindu-se funcţionarea corectă a aparatelor.

Observaţie: Subansamblele necorespunzătoare nu se vor transmite la următorul loc de muncă.

Fig. 4.4. Exemplu de tehnologie de autocontrol.

Scanned with OKEN Scanner

În aceste tehnologii se menţionează verificările şi controlul pe care trebuie să-l execute muncitorul asupra reperului sau subansamblului care-i parvine de la operaţia precedentă, înainte de a executa operaţia propriu-zisă; apoi sînt menţionate instrucţiuni cu privire la executarea operaţiei, dispozitivele şi verificatoarele care se utilizează în acest scop, precum şi schiţe sugestive ale reperelor sau subansamblelor în cele două situaţii posibile: corespunzătoare sau necorespunzătoare. În continuare, în tehnologiile de autocontrol sînt prezentate verificările pe care trebuie

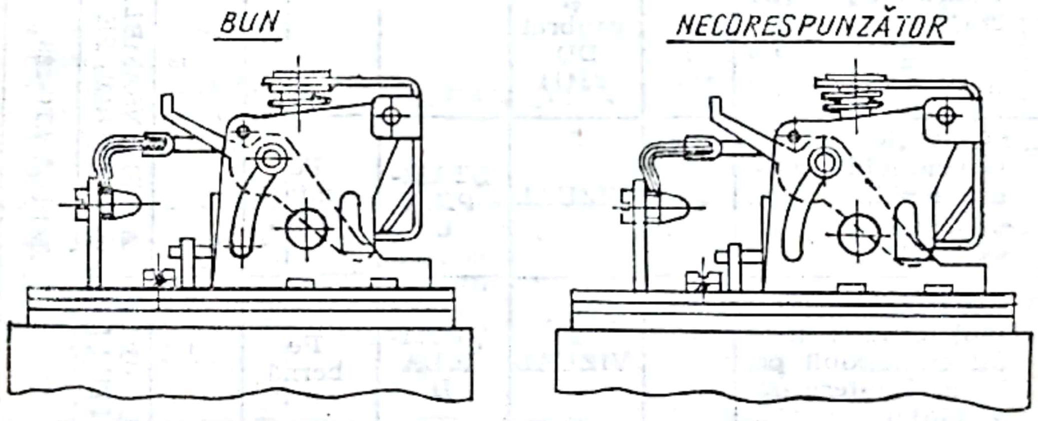
LIPIREA PRIN COSITORIRE A CAPĂTULUI BOBINEI PE LEGĂTURĂ VIROLĂ

— Înainte de începerea operaţiei se va aşeza butonul de reglaj al transformatorului pe poziţia corespunzătoare pentru calibrul siguranţei care se montează.

— Nu se va acţiona pedala de comandă a transformatorului decît după fixarea capătului bobinei pe legătură prin intermediul electrodului.

— Aplicarea cositorului se va face numai după încălzirea celor două repere (bobină şi legătură).

— Lipitura trebuie să acopere capătul bobinei, să pătrundă între capătul bobinei şi legătură şi să aibă un aspect lucios.



— După efectuarea lipiturii se va ridica piciorul de pe pedală, iar electrodul se va îndepărta numai după răcirea lipiturii.

Observaţii: Subansamblele necorespunzătoare nu se vor transmite la următorul loc de muncă.

Fig. 4.5. Exemplu de tehnologie de autocontrol la lipire prin cositorire.

să le efectueze muncitorul asupra operaţiei executate de el însuşi, adică autocontrolul propriu-zis. În cele din urmă este evidenţiat modul în care fiecare executant marchează cu ştampila personală subansamblul realizat.

S-au întocmit de asemenea grafice experimentale de autocontrol-control în care sînt menţionate, aşa cum reiese şi din graficul prezentat în

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.2

USOL-100 A Grafic de autocontrol-control întreruptor fără releu

Producția					Control			
		Autocontrol						
Operația	Executant	Mod de autocontrol	Simbol marcaj	Loc de marcare	Controlor	Mod de control	Simbol Marcaj	Loc de marcare
I. 1. Asamblat subansamblul 1.1.2.1. clichet principal cu dispozitiv de berciuit DD-19604 pe presă electromagnetică		VIZUAL	ȘTAMPILA A	Pe subans. lateral		CONTROL BUCATĂ CU BUCATĂ A SUBANSAMBLELOR FORMATE CONFORM ITF ȘI ITC ȘI CONTROL PE FLUX.	ȘTAMPILA CTC-229	PE CONTACT FIX FAZA R
I. 2. Asamblat prin nituire contacte fixe pe subansamblul carcasă 2.40.016.1		VIZUAL	ȘTAMPILA B	Pe sans. carcasă interior stînga lîngă faza R				
I. 3. Sortat și calibrat resort contact mobil 4.21.004.1 și măsurat caracteristica cu DD 23411		Dispozitiv de verificat și calibrat DD-23411	—	—				
I. 4. Sudat flexibil pe subansamblul contact mobil 4.47.292.0 4.47.293.0		VIZUAL	ȘTAMPILA C	Pe contact mobil				
I. 5. Sudat subansamblul contact mobil cu flexibil pe bornă inferioară 4.30.161.0		VIZUAL	ȘTAMPILA D	Pe bornă				
I. 6. Montat subansamblul 1.1.2.3 echipaj mobil 3.94.518.0, 3.94.520.0, 3.94.039.0		VIZUAL	ȘTAMPILA E	Faza R pe ax lateral				
I. 7. Calibrat subansamblul 1.1.2.3. echipaj mobil (3.94.518.0; 3.94.520.0; 3.94.039.0)		VIZUAL	ȘTAMPILA F	Faza T pe ax lateral				

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.2 (continuare)

Operația	Producția				Control			
	Executant	Autocontrol			Controlor	Mod de control	Simbol marcaj	Loc de marcare
		Mod de autocontrol	Simbol marcaj	Loc de marcare				
I. 8. Asamblat subansamblul echipaj mobil cu sans. carcasă întreruptor 3.40.024.0		VIZUAL	ȘTAMPILA G	Pe spatele sans. carcasă întreruptor faza S		Control bucată cu bucată a subansamblelor formate conform ITF și ITC	ȘTAMPILĂ CTC-229	Pe contact fix faza R
I. 9. Asamblat prin bercluire subansamblul 1.1.2.2. mecanism de acționare cu DG 19593		VIZUAL	ȘTAMPILA H	Pe pîrghie acționare lateral				
I.10. Asamblat subansamblul mecanism acționare cu echipaj mobil pe sans. carcasă întreruptor și sertizat		VIZUAL	ȘTAMPILA I	Pe sans. carcasă interior dreapta lîngă faza R				
I.11. Asamblat resort mecanism și ghiară pe subansamblul 1.1. întreruptor folosind DM 19594		VIZUAL	ȘTAMPILA J	Pe pîrghie acționare deasupra				
I.12. Măsurat presiunea pe contacte cu YD 31966, verificat cursa în contacte și montat 2 buc. lagăr		Dinamometru 2,5 kg YD-31966	ȘTAMPILA K	Pe sans. carcasă interior stînga lîngă faza S				
I.13. Reglat funcționarea mecanismului, măsurat forța de declanșare cu DM 19672 și DM 19673, montat arc lamelar și măsurat distanța între contacte.		Dinamometru ceas 1 kg CV-1668	ȘTAMPILA L ȘTAMPILA M	Pe sans. carcasă interior dreapta lîngă faza S				

OBSERVAȚII.

1 • Nu se va lucra la operația respectivă dacă nu are marcajul anterior de atestare a calității prevăzute în acest grafic.

2 • La schimbarea locului de muncă, maistrul are obligația să efectueze instructajul executantului care va marca cu ștampila personală prevăzută în acest grafic.

Scanned with OKEN Scanner

Produs **JURNALUL**

Loc control: **Luna** ______

Histograma Defectelor

x

Data	Defecte																						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	Z	X	Y
Total																								

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.3

DEMERITELOR 198—	Controlor

Specificația defectelor

Critice (p_c=100)	Principale (p_p=50)	Secundare (p_s=10)	Minore (p_m=1)
A ______	G ______	M ______	T ______
B ______	H ______	N ______	U ______
C ______	I ______	O ______	V ______
D ______	J ______	P ______	Z ______
E ______	K ______	R ______	X ______
F ______	L ______	S ______	Y ______

Unități Conformitate	Total Defecte	Defecte pe unitate, %	Grafic defecte/unitate 0 2 4 6 8 10	Demerit	Graficul demeritului 0 2 4 6 8 10	Semnătură maistru

Scanned with OKEN Scanner

tabelul 4.2, operațiile care se execută la fiecare loc de muncă, codurile reperelor și subansamblelor, ale dispozitivelor și verificatoarelor folosite; executanții operațiilor; modul în care se face autocontrolul (vizual sau cu ajutorul unui dispozitiv), simbolul de marcaj al muncitorului ce execută autocontrolul, locul de pe subansamblu sau ansamblu unde se execută marcarea. De asemenea în graficul de autocontrol-control este menționat controlorul de la produsul respectiv, modul în care acesta efectuează controlul (control bucată cu bucată sau statistic), simbolul de marcaj și locul de aplicare a ștampilei.

Prin introducerea acestui regulament se poate asigura un sistem de apreciere a nivelului de calitate realizat. Pentru aceasta s-a introdus formularul de lucru *Jurnalul demeritelor*, evidențiat în tabelul 4.3, în care se înscrie indicatorul de calitate, *demeritul*, calculat pe baza numărului subansamblelor sau produselor finite executate zilnic N_e și a numărului celor controlate în ziua respectivă N_c. În funcție de gravitatea defectelor, s-a stabilit o clasificare a acestora în patru categorii distincte: defecte critice (*c*), principale (*p*), secundare (*s*) și minore (*m*), pentru fiecare defect acordîndu-se o penalizare *p*, corespunzătoare tipului acestuia ($p_c=100$ puncte, $p_p=50$ puncte, $p_s=10$ puncte, $p_m=1$ punct).

În funcție de aceste penalizări și de numărul defectelor *n* de fiecare tip (n_c, n_p, n_s și n_m), în jurnalul demeritelor se trece valoarea *demeritului* realizat D_R, calculată cu relația:

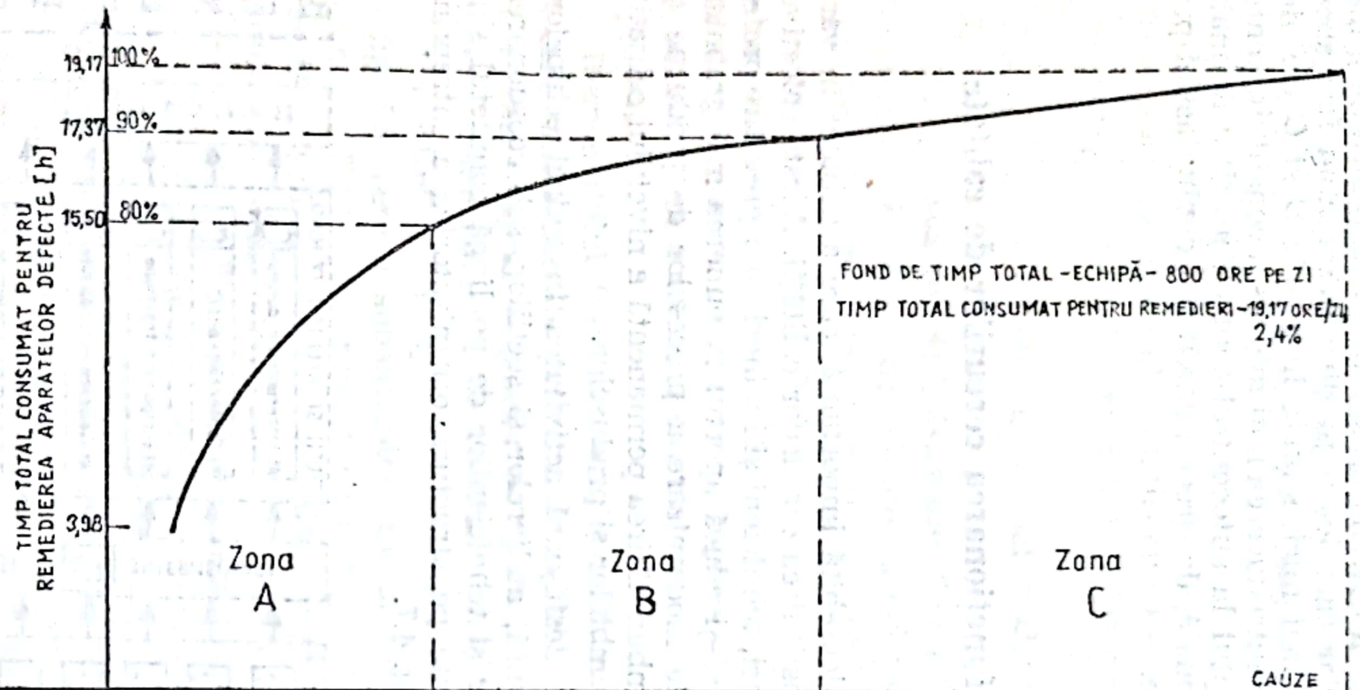
$$D_R=(n_c \cdot p_c+n_p+p_p+n_s \cdot p_s+n_m \cdot p_m)/N_c$$

Valoarea demeritului realizat D_R, care reprezintă sintetic nivelul de calitate al subansamblelor și produselor finite executate, se compară cu valoarea demeritului admis D_A, stabilită aprioric pentru fiecare subansamblu și produs finit în parte. Valoarea stabilită pentru demeritul admis D_A vizează ridicarea permanentă a nivelului calitativ al produselor pe baza creșterii nivelului tehnico-organizatoric al liniei de montaj, și a nivelului de pregătire profesională. Această valoare este modificată în fiecare an astfel: valoarea medie a demeritului realizat D_R *mediu* în anul precedent la un anumit produs devine valoarea demeritului maxim admis $D_{max\,A}$ pentru anul în curs. Exemplu:

$$D_{R\,mediu\,1986}=D_{max\,A\,1987}.$$

În urma introducerii experimentale a sistemului de autocontrol-control, s-au efectuat analize detaliate asupra tipurilor de defecte constatate la subansamblele produselor cu cea mai mare pondere în fabricația curentă a întreprinderii. Analizele au evidențiat cauzele care au produs defectele apărute la controlul final al produselor. În funcție de aceste date, s-au alcătuit diagrame Paretto (curbe ABC) avînd drept criterii: timpul total consumat pentru remedierea defectelor, numărul zilnic de defecte de un anumit tip (critice, principale, secundare, minore), numărul zilnic de defecte de la diferite subansamble. Un astfel de exemplu de diagramă este dat în fig. 4.6, unde s-au analizat timpii necesari pentru remedierea defectelor zilnice constatate la produsul întrerupător automat USOL 100 A,

Scanned with OKEN Scanner



COD DEFECT	301	101	302	303	304	102	500	400	103	104	201	202	106	203	105	107	108	110	109
DENUMIREA CAUZELOR DE DEFECT	SPART LA CAPSARE (SOCLU)	BUTUC (SOCLU) SPART (PENTRU AȘEZARE BUTON)	FISURAT SOCLU DATORITĂ ȘTIFTURILOR CONT. MOBIL CLICHET	GĂURI DEPLASATE SOCLU CAPAC	FISURAT ÎNAINTE DE CAPSARE	BIMETAL DEFORMAT MECANIC LA REGLAJ TERMIC	CAPSARE NECORESPUNZĂTOARE	LUFT SOCLU CAPAC	GRAT PE MUCHIA DE LA SOCLU	CLICHET MARE SPART	GĂURI DEPLASATE SOCLU CAPAC	SPART CAPAC LA CAPSARE	RESORT PÎRGHIE SĂRIT DIN LOCAȘ	SPART CAPAC ÎNAINTE DE CAPSARE	RESORT ELICOIDAL SĂRIT DE PE AGRAFĂ	PROFILUL AGRAFEI NECORESPUNZĂTOARE	RESORT CONTACT NU E MONTAT ÎN LOCAȘ	CLICHET MIC SPART	RESORT CLICHET MONTAT NECORESPUNZĂTOR
NUMĂR ZILNIC DE DEFECTE	30	28	20	15	15	78	80	70	60	22	49	36	13	31	19	12	12	3	3
TIMP UNITAR PENTRU REMEDIERE [min]	7,96	7,50	9,55	10,13	9,20	0,26	0,25	0,27	0,30	0,77	0,34	0,44	1,15	0,48	0,73	1,08	1,00	4,00	3,66
TIMP TOTAL CUMULAT [h]	3,98	7,48	10,66	13,19	15,50	15,85	16,18	16,50	16,80	17,08	17,37	17,63	17,88	18,13	18,36	18,58	18,78	18,98	19,17

Fig. 4.6. Selecția cauzelor și a timpului total consumat pentru remedierea defectelor apărute la linia de montaj la produsul întrerupător automat USOL 100 A (valori fictive).

Scanned with OKEN Scanner

În urma ordonării descrescătoare a timpilor necesari pentru remediere, s-au evidenţiat unele defecte cu o pondere însemnată, situate în zona *A* a curbei *ABC*, ceea ce a determinat stabilirea cu prioritate a măsurilor de eliminare a cauzelor care le-au produs; ulterior au fost abordate şi defectele cu ponderi mai mici, situate în zonele *B* şi *C* ale diagramei. Trebuie menţionat că introducerea noii metode a constituit, pentru cei cărora li s-a acordat dreptul la autocontrol-control, un titlu de înaltă încredere, o mîndrie profesională, deoarece muncitorul devine astfel propriul controlor al muncii sale.

3. Organizarea şi funcţionarea cercurilor de calitate

O altă acţiune de o deosebită importanţă, care a debutat în vara anului 1986, o reprezintă constituirea cercurilor calităţii. Aceste colective, alcătuite din muncitori, maiştri, tehnicieni şi ingineri cu o pregătire profesională ridicată, sînt menite să-şi aducă aportul la punerea mai grabnică în aplicare a programului de modernizare a proceselor de producţie şi au ca obiectiv fundamental îmbunătăţirea permanentă a nivelului calitativ şi tehnic al reperelor, subansamblelor şi produselor.

Cercurile de calitate îşi desfăşoară activitatea în cadrul echipelor, brigăzilor, formaţiilor de muncă, atelierelor şi secţiilor, sub coordonarea directă a comisiei inginerilor şi tehnicienilor de pe lîngă comitetul sindicatului, acestea fiind grefate pe structura organizatorică a întreprinderii, aşa cum reiese şi din fig. 4.7.

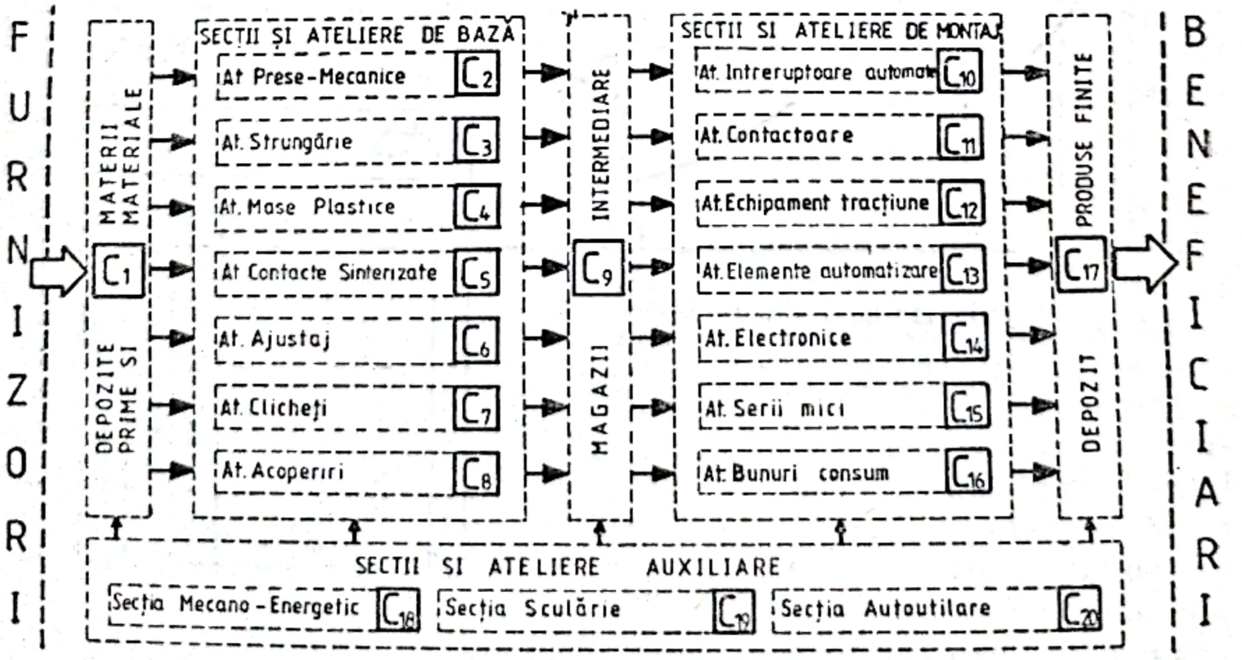


Fig. 4.7. Localizarea cercurilor de calitate în fluxul de fabricaţie al întreprinderii.

Scanned with OKEN Scanner

Corespunzător Regulamentului de organizare elaborat în scopul înființării și funcționării lor, cercurile de calitate au în principal următoarele sarcini și atribuții:

— urmărirea stării tehnice și exploatarea corectă a utilajelor;

— urmărirea respectării disciplinei tehnologice la nivelul tuturor locurilor de muncă;

— îmbunătățirea proceselor de muncă;

— propunerea de îmbunătățiri cu caracter organizatoric;

— propunerea de îmbunătățire a parametrilor de calitate a produselor;

— urmărirea aplicării celor mai moderne metode de testare și control;

— urmărirea aplicării sistemului de autocontrol-control.

Membrii cercurilor de calitate au obligația de a rezolva operativ, în limita lor de competență, toate abaterile constatate.

Pentru abaterile care depășesc acest nivel, membrii cercurilor de calitate fac propuneri de măsuri pe care le înscriu în formularele tip. Membrii cercurilor de calitate elaborează studii și propun soluții concrete de îmbunătățire a situației existente și stabilesc modalități de soluționare a propunerilor.

Responsabilul fiecărui cerc de calitate urmărește permanent modul în care sînt rezolvate propunerile și soluțiile stabilite, solicitînd, de la caz la caz, sprijinul organelor de specialitate din cadrul diferitelor secții, ateliere, compartimente de cercetare-proiectare, laboratoare etc.

Un astfel de exemplu de propunere de îmbunătățire este prezentat în fig. 4.8, pentru subansamblul mecanism de la produsul întrerupător automat AE 10 A, un produs cu serie de fabricație mare. Funcționarea corectă a subansamblului mecanism, prezentat în desen, întîmpina dificultăți din următoarele motive: contactul dintre una din suprafețele de sprijin ale mecanismului (încercuită în desen) și carcasa din bachelită a produsului nu era uniform; în această situație s-a procedat la executarea unei suprafețe înclinate (vezi zona încercuită din situația propusă), care a micșorat mult zona de contact, mecanismul așezîndu-se astfel bine în carcasă. Un alt aspect negativ îl constituie faptul că cele două plăci laterale, stîngă și dreaptă, ale subansamblului mecanism erau nituite pe rînd cu trei nituri; din această cauză plăcile erau presate neuniform, ceea ce împiedica clichetul să se mai poată roti liber; s-a propus ca toate cele trei bolțuri să fie nituite simultan cu un dispozitiv special, care a fost executat în atelierul autoutilare. De asemenea s-a considerat că sistemul de oprire a clichetului poate fi îmbunătățit prin eliminarea axului, micșorîndu-se totodată și lungimea plăcuțelor laterale, fapt care a condus la o economisire de manoperă și material.

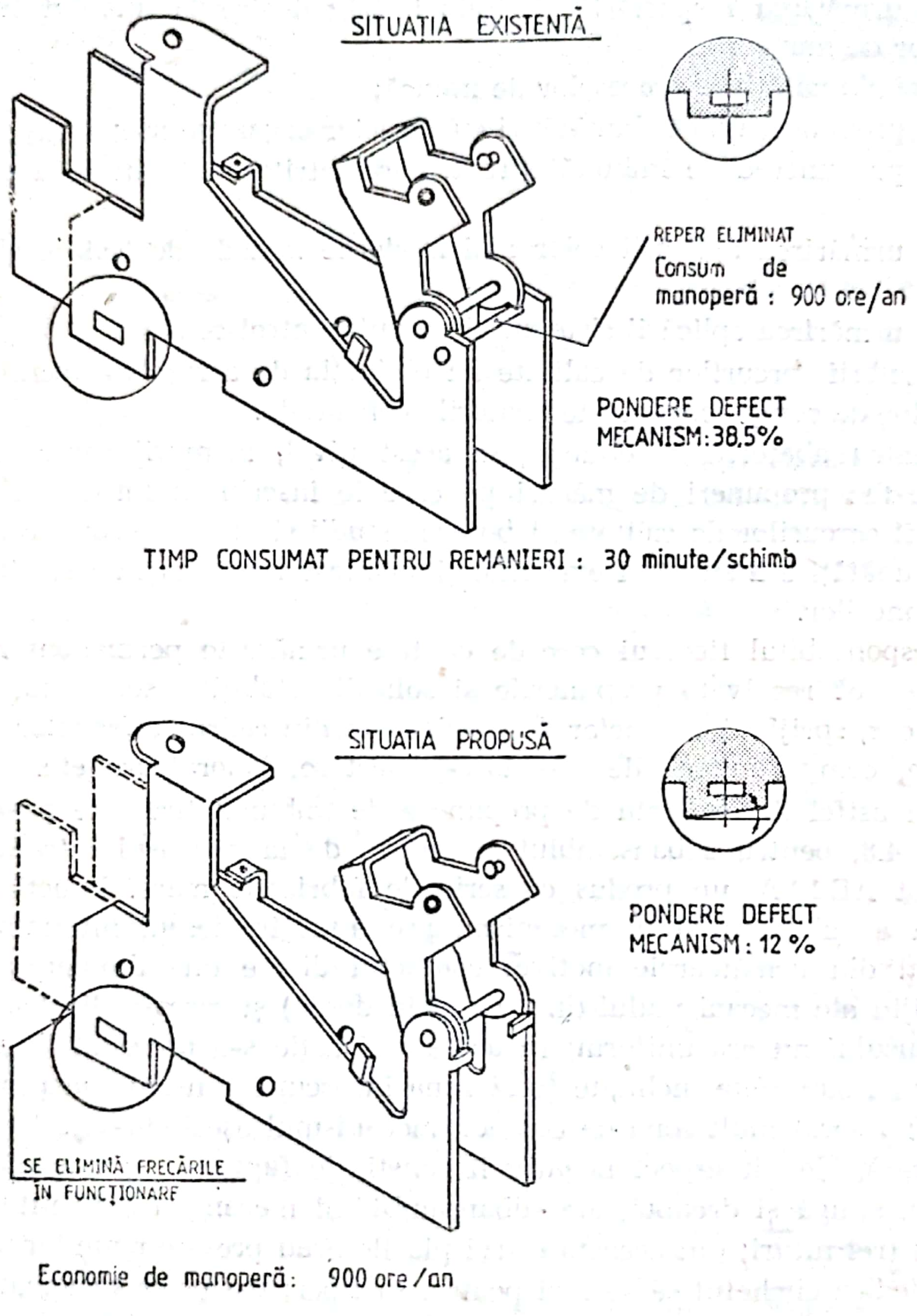


Fig. 4.8. Exemplu de propunere de îmbunătățire pentru un subansamblu.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 4.9 este prezentat modul în care acţionează cercul de calitate din cadrul Atelierului Montaj Întreruptoare Automate la aplicarea sistemului de autocontrol-control la produsul USOL 100 A, la elaborarea propunerilor de măsuri şi participarea la şedinţele săptămînale de calitate. Astfel, cercul calităţii poate interveni în cazul unei probleme deosebite, la oricare din locurile de muncă de pe fluxul de montaj, începînd cu echipa care montează primul subansamblu pînă la locul de ambalare.

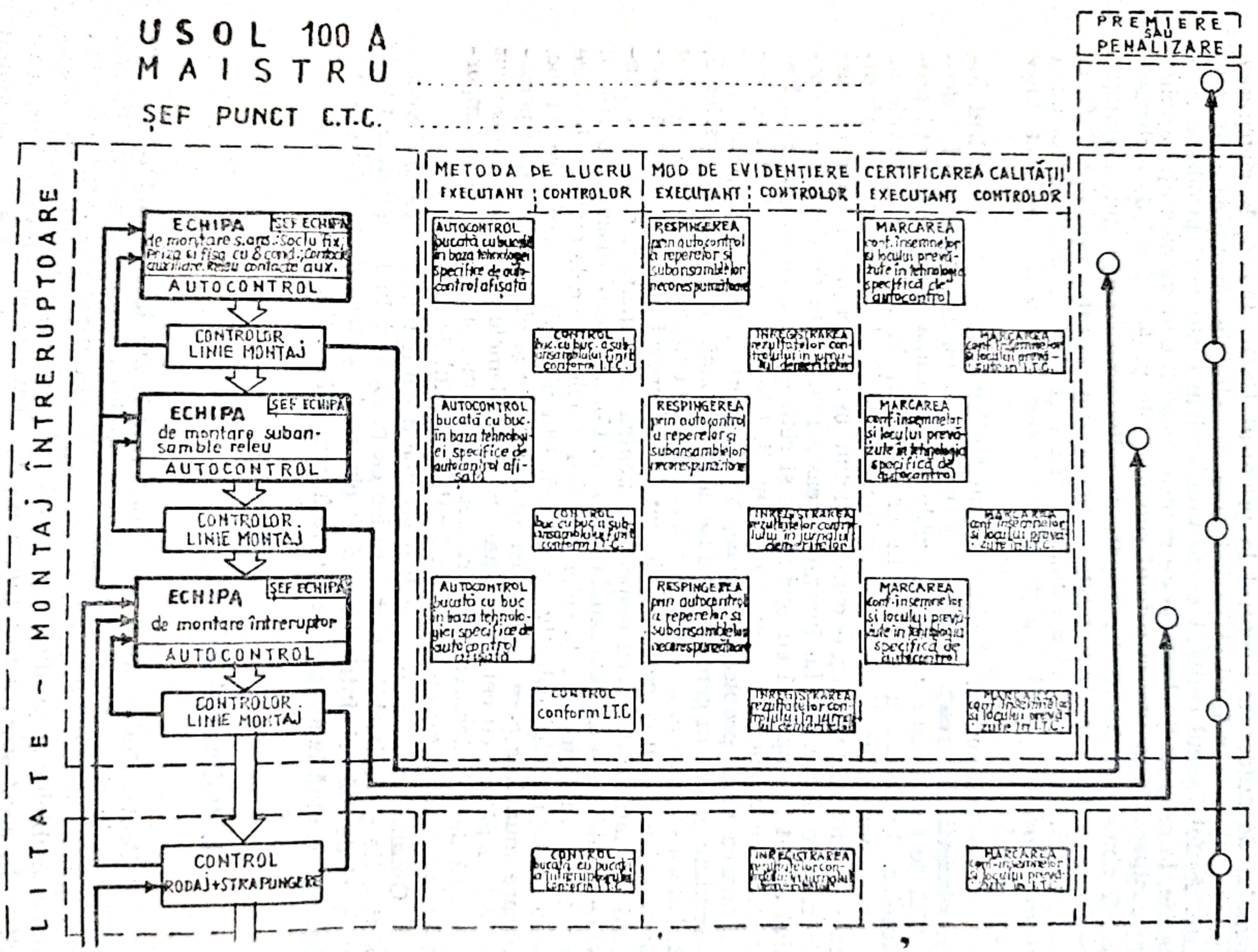
Trebuie menţionat că cercurile de calitate nu se substituie activităţii desfăşurate de către personalul muncitor din cadrul serviciului CTC, ci dimpotrivă, o sprijină şi o completează direct şi nemijlocit în depistarea şi soluţionarea operativă a problemelor care afectează nivelul calitativ al produselor.

În acelaşi context al obţinerii unei eficienţe ridicate, în cadrul Întreprinderii Electroaparataj a luat fiinţă şi o formă organizatorică deosebită de soluţionare a acestei probleme, pe seama creşterii calităţii produselor. Iniţiativa a constat în organizarea, la anumite intervale de timp, a unor discuţii libere, în mijlocul colectivelor de muncă confruntate cu diverse probleme care împietau asupra obţinerii unor produse de calitate deosebită. La început, această modalitate de dezbatere colectivă a fost întîmpinată cu scepticism şi reţinere, dar cu timpul ea a fost însuşită de majoritatea oamenilor muncii. Discuţiile, care au ca scop soluţionarea unor probleme tehnice, organizatorice, tehnologice, sau chiar disciplinare, sînt în general conduse de o persoană cu o bogată experienţă, din afara secţiei sau atelierului respectiv, care cunoaşte totuşi îndeaproape problemele acelui colectiv. La dezbateri, în general nu participă conducătorii formaţiilor de lucru respective, pentru ca muncitorii să-şi poată învinge timiditatea sau eventuala inhibare. Conducătorul discuţiei caută, cu mult tact, să ridice în faţa celor prezenţi problemele cele mai dificile care stau în faţa acelui colectiv de muncă. Din discuţiile libere care au loc, fiecare muncitor care doreşte îşi spune sincer şi obiectiv părerea personală în legătură cu cel puţin una dintre problemele menţionate, conştient fiind că de soluţionarea acestora depinde obţinerea unei eficienţe importante pentru întreprindere şi, în final, şi nivelul de retribuire.

Opiniile exprimate în cadrul acestor discuţii libere, care se dovedesc a fi utile şi realizabile, sînt înscrise ca propuneri în formularele tip de planuri de măsuri, intrînd astfel în circuitul existent de urmărire a realizării lor, pînă la aplicarea efectivă în practică (v. fig. 4.9).

4. Indicatori de calitate

Pentru îndeplinirea sarcinilor referitoare la îmbunătăţirea nivelului tehnic şi calitativ al produselor, în Întreprinderea Electroaparataj se experimentează comensurarea nivelului calitativ al fabricaţiei reperelor, subansamblelor şi produselor cu ajutorul unor indicatori de calitate specifici. În acest scop, a fost numit un colectiv special, care a prelucrat cu toţi factorii responsabili din cadrul întreprinderii prevederile ordinului emis de către Ministerul Industriei Electrotehnice şi metodologia privind


USOL 100 A
MAISTRU
ŞEF PUNCT C.T.C.
PREMIERE SAU PENALIZARE
LITATE - MONTAJ ÎNTRERUPTOARE
METODA DE LUCRU
EXECUTANT
CONTROLOR
MOD DE EVIDENŢIERE
EXECUTANT
CONTROLOR
CERTIFICAREA CALITĂŢII
EXECUTANT
CONTROLOR
ECHIPA de montare s.ans.:Soclu fix, Priza si fisa cu 8 cond.;Contacte auxiliare.Resu contacte aux.
ŞEF ECHIPA
AUTOCONTROL
CONTROLOR LINIE MONTAJ
ECHIPA de montare subansamble releu
ŞEF ECHIPA
AUTOCONTROL
CONTROLOR LINIE MONTAJ
ECHIPA de montare întreruptor
ŞEF ECHIPA
AUTOCONTROL
CONTROLOR LINIE MONTAJ
CONTROL RODAJ+STRAPUNGERE
AUTOCONTROL bucată cu bucată în baza tehnologiei Specifice de autocontrol afişată
AUTOCONTROL bucată cu buc. în baza tehnologiei specifice de autocontrol afişată
AUTOCONTROL bucată cu buc în baza tehnologiei specifice de autocontrol afişată
conform I.T.C.
RESPINGEREA prin autocontrol a reperelor si subansamblelor necorespunzătoare
MARCAREA conf. însemnelor si locului prevăzute în tehnologia specifică de autocontrol

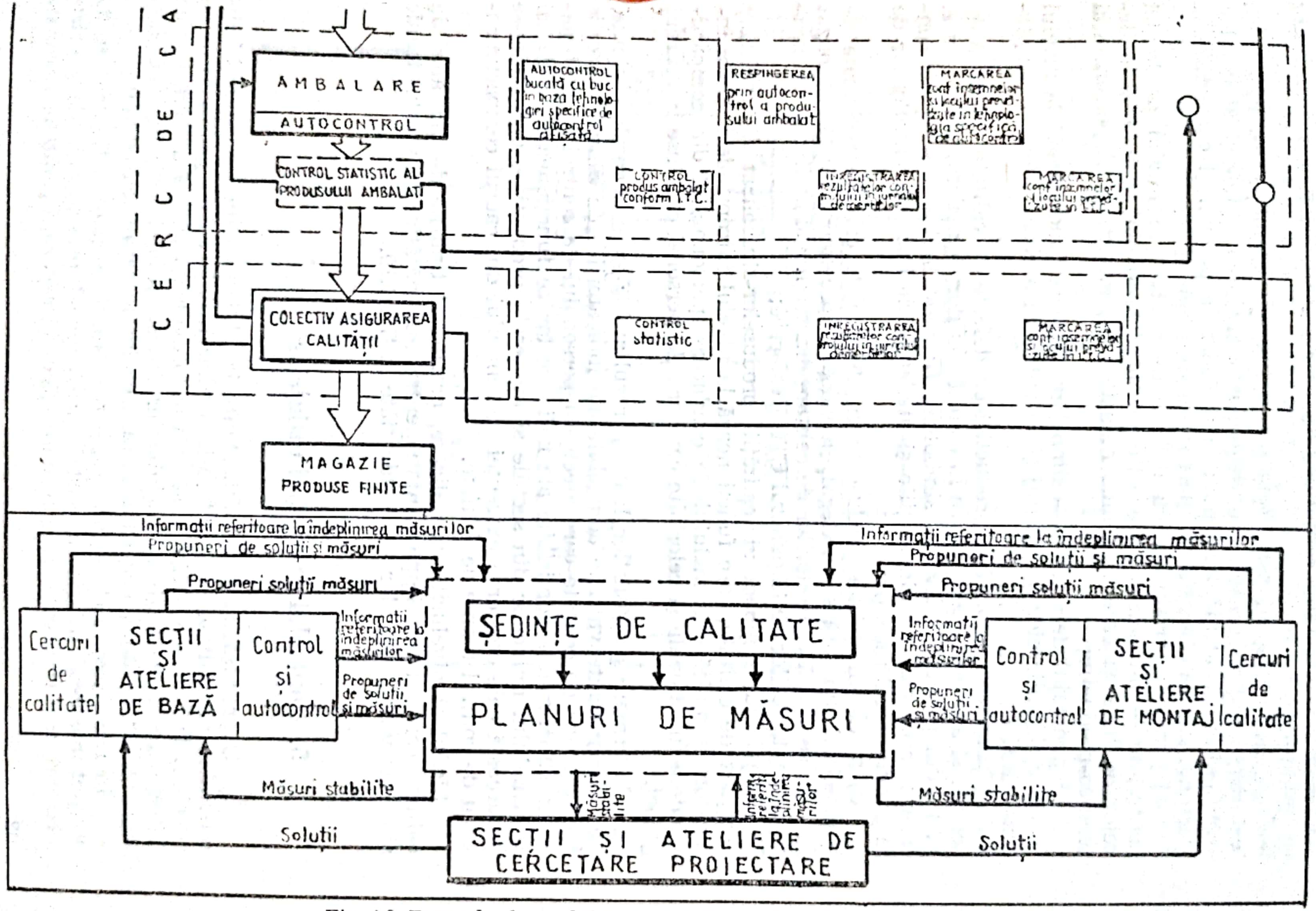


Fig. 4.9. Exemplu de modul în care acționează un cerc de calitate.

Scanned with OKEN Scanner

comensurarea nivelului calitativ de execuţie a reperelor, subansamblelor şi produselor.

De asemenea, au fost preluate relaţiile de calcul pentru indicatorii valorici, luînd în considerare costurile la nivelul secţiilor şi atelierelor, menţionîndu-se elementele luate în considerare precum şi categoriile de personal asupra cărora acţionează respectivii indicatori:

a) ponderea producţiei cu defecte de calitate în totalul producţiei controlate — simbolizat I_2, care funcţionează la nivelul secţiilor şi atelierelor de bază şi care se aplică muncitorilor, maiştrilor şi personalului tehnico-productiv;

b) punctajul defectelor — simbolizat I_3, care funcţionează la nivelul secţiilor şi atelierelor de montaj şi se aplică la aceleaşi categorii de personal ca şi I_2;

c) ponderea valorică a producţiei cu defecte de calitate, rebutată de secţiile şi atelierele beneficiare în contul secţiilor şi atelierelor furnizoare, în totalul producţiei livrate, simbolizat I_4; acest indicator se aplică controlorilor de calitate din secţiile şi atelierele de bază şi controlorilor de la punctul CTC recepţie;

d) ponderea valorii produselor cu defecte de calitate reclamate de beneficiarii din ţară sau externi, în valoarea producţiei marfă-simbolizat I_5, care se aplică controlorilor de calitate din secţiile şi atelierele de montaj şi controlorilor de la punctul CTC Desfacere;

e) punctajul global al calităţii produselor-simbolizat I_6, indicator complex de calitate, care funcţionează la nivelul întreprinderii; acest indicator se aplică personalului de conducere, personalului din compartimentele funcţionale şi celorlalte categorii de personal cuprinse în acordul global.

Ca urmare a măsurilor luate şi rezultatelor experimentale obţinute, au fost apreciate valorile admisibile ale indicatorilor de calitate; valorile indicatorilor de calitate care afectează personalul de control au fost stabilite sub limitele admisibile ale indicatorilor ce funcţionează la nivelul personalului muncitor din secţiile şi atelierele productive, urmărindu-se pe această cale creşterea exigenţei personalului din cadrul compartimentului de control tehnic de calitate.

Modul şi nivelurile de aplicare, precum şi tipurile de indicatori de calitate care au fost implementaţi pentru îmbunătăţirea nivelului tehnic şi calitativ al produselor sînt evidenţiate în fig. 4.10.

5. Controlul reparaţiei utilajelor

O premisă de mare importanţă în obţinerea unor repere şi subansamble de calitate este şi folosirea unor utilaje cu un grad ridicat de precizie. De aceea s-a căutat să se ţină o evidenţă strictă a lucrărilor de întreţinere şi reparaţii a maşinilor-unelte şi utilajelor şi, în special, a reparaţiilor capitale, urmărind realizarea lor la termenele stabilite.

În acest scop au fost întocmite fişe speciale pentru fiecare tip de maşini-unelte şi utilaje în parte, care cuprind prescripţiile de precizie necesare a fi respectate la executarea fiecărei reparaţii capitale. În aceste

Scanned with OKEN Scanner

fișe se trec: tipul mașinii-unelte, numărul de inventar, data la care se execută reparația capitală, verificările care trebuie executate (de planeitate, de paralelism, de coaxialitate, bătaia radială și axială etc.), schema verificării executate, aparatele de măsură și control utilizate, abaterile existente înainte de reparație, cele de după reparație și abaterile limită admise. Toate verificările menționate se efectuează atît la mersul în gol,

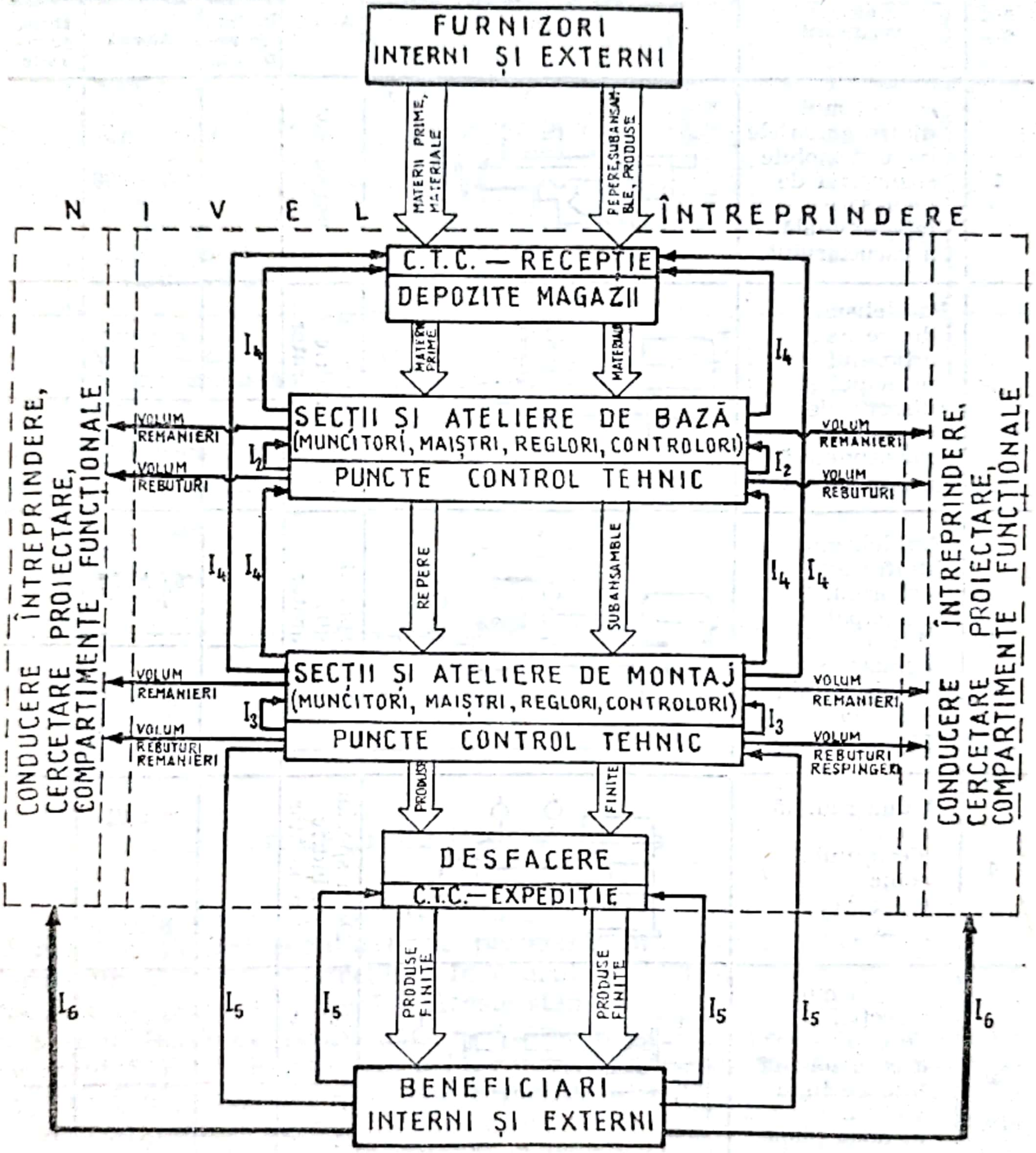


Fig. 4.10. Modul și nivelurile de aplicare ale indicatorilor de calitate.

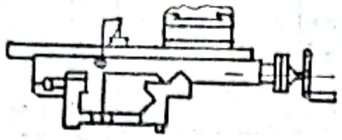
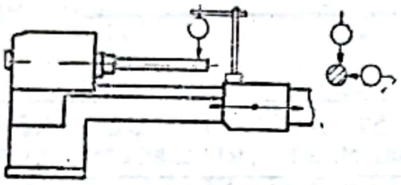
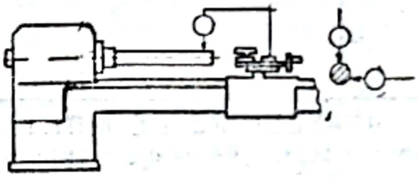
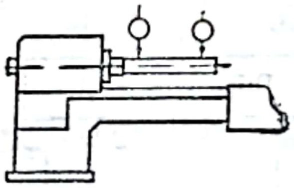
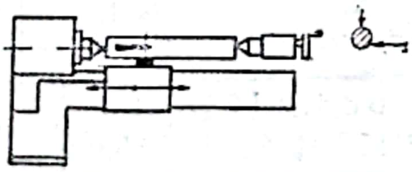
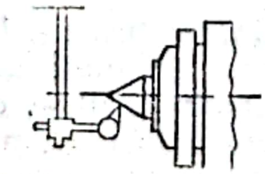
cît și la mersul în sarcină. În ultima rubrică a fișei sînt trecute semnăturile celor care efectuează recepția utilajului, adică reprezentantul compartimentului mecano-energetic, beneficiarul și controlorul care a efectuat verificările. În tabelul 4.4 este evidențiat un astfel de exemplu de fișă, cu prescripțiile de precizie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.4

Strung paralel
Prescripţii de precizie

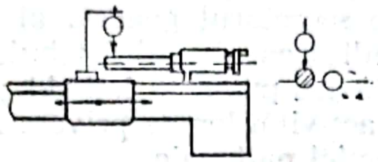
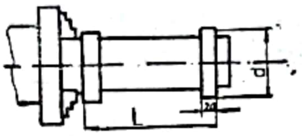
Reparaţie Capitală   Data . . . .   Nr. Inv.

Nr. crt.	Obiectul verificării	Schema	A.M.C.	Abateri, în mm		
				Inainte de reparaţie	Admisă	După reparaţie
1	Paralelismul dintre ghidajele păpuşii mobile şi direcţia de deplasare longitudinală a căruciorului		Comparator		0,02/1000	
2	Paralelismul dintre axa arborelui principal şi direcţia de deplasare longitudinală a căruciorului		Dorn special cilindric comparator		0,02/300 0,02/300	
3	Paralelismul dintre axa arborelui principal şi direcţia de deplasare longitudinală a săniei portcuţit		Dorn special cilindric comparator		0,03/150 0,03/150	
4	Bătaia radială a axei alezajului conic din arborele principal		Dorn special cilindric comparator		a 0,01 b 0,025	
5	Paralelismul direcţiei de deplasare a căruciorului faţă de linia vîrfurilor în două plane perpendiculare		Dorn special cilindric comparator		0,02 0,02	
6	Bătaia vîrfului de centrare din alezajul arborelui principal		Vîrf de centrare comparator		0,01	

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.4 (continuare)

Nr crt.	Obiectul verificării	Schema	A.M.C.	Abateri în mm		
				Inainte de reparație	Admisă	După reparație
7	Paralelismul dintre axa alezajului conic din pinola păpușii mobile și direcția de deplasare longitudinală a căruciorului		Dorn special cilindric Comparator		0,03/300	
					0,02/300	
8	Abaterea de la forma circulară Abaterea de la forma cilindrică		Șubler micrometru		0,01	
					0,02/200	
9	Verificare aspect și la mersul în gol	10 Verificare la mersul în sarcină				

Recepționat	Mecanico-Energetic	Beneficiar	Controlor

6. Standuri de probe și încercări

În scopul ridicării nivelului calitativ al proceselor de producție și montaj, pentru secțiile unde produsele întreprinderii își conturează forma finală, au fost executate în cadrul atelierului autoutilare standuri speciale de probe și încercări. Aceste standuri, care au un design modern și sînt deosebit de funcționale, sînt amplasate la capătul fiecărei benzi de montaj. Rolul lor este de a face o verificare suplimentară a modului în care funcționează în exploatare produsele solicitate de beneficiari. În acest scop, înainte de a fi ambalate, aparatele sînt supuse pe aceste standuri la diverse probe de rezistență și uzură. După un număr prestabilit de manevre, aparatele care se prezintă în bună stare de funcționare sînt preluate pentru a fi ambalate. În situația în care la unul dintre aparate se constată o anumită defecțiune care împietează asupra bunei funcționări, se analizează cu rapiditate de către factorii responsabili gravitatea defectului, cauzele care i-au determinat apariția și modalitățile de remediere a acestuia. Dacă defecțiunea are cauze tehnologice și nu de execuție, întreaga producție a benzii respective se oprește pînă cînd se iau măsurile

necesare pentru remediere, urmînd ca după rezolvare banda respectivă să-şi reia activitatea normală.

Acţiunile prezentate evidenţiază faptul că în Întreprinderea „Electroaparataj", întregul potenţial ştiinţific, tehnic şi uman, sub directa coordonare a comitetului de partid şi a conducerii administrative, a fost mobilizat şi s-a implicat profund în finalizarea obiectivelor stabilite în cadrul amplului proces de organizare şi modernizare a întreprinderilor din industria românească. Rezultatele obţinute pînă în prezent confirmă justeţea orientărilor trasate de secretarul general al partidului, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, vizînd ridicarea nivelului tehnico-calitativ al fiecărui produs, şi constituie totodată un puternic imbold pentru continuarea pe un plan superior a tuturor activităţilor ce privesc realizarea obiectivelor dezvoltării intensive a economiei naţionale.

5

Rezolvări ce pot fi aplicate și în întreprinderile în care lucrați

Alexandru Pîrlan
Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie

Începînd cu acest număr, inaugurăm o nouă rubrică care vizează generalizarea unor idei și realizări deosebite, în cît mai multe din unitățile economiei naționale. Vom menționa cele mai semnificative realizări, prezentînd nu numai rezultate ale unităților industriale, dar și al unor unități de cercetare.

Sperăm că prin această rubrică să facem cunoscute pe o arie mult mai largă rezultate valoroase care pot contribui la modernizarea producției.

• În cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică a fost concepută și realizată seria de servomotoare fără perii, cu frînă, tip SFP destinată acționărilor de precizie, cu reglaj de turații și poziții. Acestea pot avea largi utilizări în domeniul comenzii mașinilor-unelte și mai ales al roboților industriali. În prezent sînt omologate două noi tipuri din această serie și preluate în producția de serie a Întreprinderii Electrotehnica București.

Produsul are o valoare deosebită prin caracteristicile tehnice precum și prin efectele tehnice și economice pe care le oferă.

• Pe linia acțiunilor din programele de organizare și modernizare, Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică și-a înscris ca preocupări de prim ordin elaborarea unor soluții ce vizează reducerea consumurilor de energie.

Printre realizările de prim ordin se remarcă echipamentele de recuperare a energiei care urmează să doteze standurile de încercare a motoarelor electrice și termice.

Dintre realizările de ultimă oră remarcăm *frîna electrică cu recuperare pentru încercarea motoarelor termice pînă la 1 500 CP* aplicată cu valoroase efecte economice și tehnice la Întreprinderea „23 August" București, precum și frîna electrică cu recuperare pentru stand încercări grupuri electrogene care este în curs de omologare tot la această întreprindere. Dintre efectele economice se remarcă economia de energie de 400 MWh/an și respectiv 600 MWh/an.

Acționînd pe linia generalizării unor rezultate notabile cu efecte benefice, economice și tehnice, Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică își propune extinderea acestor două categorii de frîne recuperative și în alte domenii, respectiv

întreprinderi: grupuri de tracţiune feroviară — Întreprinderea de Construcţii de Maşini Reşiţa; grupuri electrogene — Întreprinderea de Construcţii de Maşini Reşiţa; motoare Mybach — Întreprinderea Motoare Diesel Bucureşti; motoare termice — Centrala Industrială de Reparaţii Auto Bucureşti.

În continuare, se propune aplicarea acestora la reductoare realizate la Întreprinderea Vulcan, la motoare termice la FMGS şi Întreprinderea Tractorul Braşov, Întreprinderea de Motoare Diesel, întreprinderile de reparaţii motoare termice. Economia de energie ce se preconizează a se obţine se înscrie între 400 MWh/an la motoare Mybach şi 1 700 MWh/an la grupurile de tracţiune feroviară.

• Un domeniu cu largi implicaţii îl constituie şi acela al realizării unor traductoare de vibraţie şi acceleraţie care montate pe echipamente de mare complexitate (nave, grupuri electrogene, maşini-unelte), să evidenţieze stări anormale în funcţionarea acestora.

Realizări de excepţie pe această linie sînt cele în domeniul tehnicilor de măsurat vibraţii. Este cazul limitatorului gravitaţional de vibraţii şi limitatorul pentru vibraţii destinat protecţiei individuale a maşinilor.

Caracteristicile tehnice ale lor se recomandă a fi aplicate şi-n alte domenii precum: ventilaţii, mijloace de transport, geologie-geofizică. Ambele produse se încadrează foarte bine în acţiunile înscrise în programele de modernizare.

Limitatorul gravitaţional de vibraţii realizează protecţia individuală a maşinilor industriale (ventilatoare, suflante, compresoare etc.) la apariţia unui nivel de vibraţii periculos care depăşeşte limita admisibilă.

Limitatorul pentru vibraţii destinat protecţiei individuale a maşinilor împotriva vibraţiilor de nivel periculos, prin indicarea permanentă, analogică a vitezei eficace la vibraţii şi prin semnalizarea optică a încadrării acesteia într-unul din domeniile admisibile, stabilite pentru diferite categorii de maşini prin standardele VDI, AFNOR şi ISO-stand.

• La Întreprinderea de Utilaj Chimic şi Forje — Rîmnicu Vîlcea a fost omologat *manipulatorul pentru controlul pieselor matriţate*, conceput de Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Utilaj de Industrie Alimentară şi Tehnica Frigului — secţia Bucureşti, utilaj ce se înscrie în acţiunea de modernizare a proceselor de producţie.

Caracteristicile sale tehnice îl recomandă ca pe un utilaj destinat să înzestreze secţiile de forjă avînd rezultate deosebite pe linia modernizării sectoarelor calde, precum şi pentru îmbunătăţirea operaţiilor de verificare şi control.

Gabaritul pieselor ce se prelucrează pe acest utilaj, precum şi greutatea sînt caracteristici ce generează o reducere a efortului implicat, o creştere a productivităţii muncii în sectoarele calde.

• În concepţie proprie, Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Construcţii de Maşini a realizat o *linie mecanizată de montaj transmisie hidrocinetică*, linie care, cu cele 10 posturi individuale de montaj, s-a înscris în rîndul celor mai productive, aceasta reprezentînd în acelaşi timp şi o lăudabilă acţiune în cadrul programelor de modernizare ale unităţilor din reţeaua constructoare de maşini, în special, a celor de fabricat piese auto.

De altfel a fost montată cu foarte bune rezultate la Întreprinderea de Piese Auto Sibiu.

● Tot în contextul acțiunilor ce generează o modernizare a sectoarelor de tratamente termice se înscrie și *instalația mecanizată de cuprare, nichelare, cromare, cadmiere, brumare pe rame și tamburi a pieselor de oțel,* concepută de Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Construcții de Mașini și montată la Întreprinderea Electronica. De altfel, calitățile tehnice, efectele economice ce le generează o recomandă pentru instalații din industriile electronică și electrotehnică. Cu simple modificări ea poate fi recomandată și pentru alte domenii.

● Institutul de Cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Proiectare pentru Sectoare Calde și Metalurgice a elaborat tehnologia de *forjare a pieselor pe presă cu matriță oscilantă* (forjarea orbitală). Această tehnologie, prin natura sa, este neconvențională și se caracterizează prin aceea că forța de deformare se exercită numai pe 20 . . . 30% din suprafața semifabricatului. Tehnologia se înscrie în seria acțiunilor din programele de modernizare avînd efecte deosebit de valoroase: economii de metal, combustibil și în mod deosebit cele de energie electrică, (cu 50% mai reduse).

Prin aplicarea acesteia se obține o creștere a productivității de peste 200%, fapt ce o recomandă pentru generalizarea în toate unitățile cu sectoare calde.

● O tehnologie ce se înscrie în programele de modernizare ale proceselor de producție, avînd un pronunțat caracter de generalizare, este și aceea a *obținerii de lingouri prin retopire în baie de zgură* (așa-zisa tehnologie REZ).

Aceasta se aplică cu valoroase efecte economice: economii de materiale, reducerea unor importuri de feroaliaje la Întreprinderea de Autocamioane Brașov, Întreprinderea Laromet București, Întreprinderea de Mașini Agregat și Subansamble Auto Sfîntu Gheorghe.

Toți marii consumatori de oțeluri de matrițe își pot valorifica unele oțeluri speciale prin retopirea în baie de zgură a matrițelor scoase din uz și obținerea pe această cale a unor lingouri din care se pot executa, fără forjare, matrițe noi. Este, deci, o tehnologie care se înscrie perfect pe linia acțiunilor de recuperarea și refolosirea resurselor. Instalațiile pot fi realizate de către Institutul de Cercetare Științifică, Inginerie Tehnologică și Proiectare pentru Sectoare Calde și Metalurgie și Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică în cadrul activităților lor de producție industrială.

● Unul dintre criteriile de bază ale acțiunilor înscrise în programele de organizare și modernizare îl reprezintă îmbunătățirea și modernizarea tehnicilor de control.

Avînd preocupări serioase pe această linie, Întreprinderea de Mecanică Fină București a realizat și aplică tehnologia de *control a alezajelor lungi cu traductoare și comparatoare electronice.*

Efectele economice sînt notabile: creșterea productivității muncii cu peste 200% și, evident, o îmbunătățire substanțială a calității.

Efectele sale benefice pe linia îmbunătățirii calității, o recomandă cu deosebită pregnanță în toate unitățile din industria de mecanică fină și de prelucrări mecanice.

Din experienţa modernizării întreprinderilor din sectorul IV Bucureşti

Tehnologie şi instalaţie de nitrurare în plasmă a pieselor şi sculelor din oţeluri slab şi înalt aliate

Institutul de Cercetare Ştiinţifică, Inginerie Tehnologice şi Proiectare pentru Sectoare Calde şi Metalurgie — ICSITPSCM — Bucureşti

Scurtă descriere: nitrurarea în plasmă se realizează prin crearea unei descărcări luminiscente în gaz (amoniac) între piesele care constituie catodul şi incinta de lucru care este anodul instalaţiei.

Domeniul de utilizare: durificarea prin nitrurarea în plasmă se aplică la piesele şi sculele la care se urmăreşte creşterea rezistenţei la oboseală şi la uzare.

Comparaţii ale tehnologiei prezentate cu altele similare:

	Tehnologia prezentată	Tehnologia similară existentă în:	
		R.S.R.	străinătate
a) principalii parametri tehnico-funcţionali:			
— putere instalată	70 ... 250 kW	30 ... 250 kW	70 ... 450 kW
— presiune lucru	1 ... 10 tor	1 ... 10 tor	1 ... 10 tor
b) principalele consumuri:			
— energie electrică	max 0,5 kW/kg piesă	—	—
— amoniac	max. 0,01 kg/kg piesă	—	—
— apă răcire	max 3 m^3/h	—	—

Cheltuieli şi condiţii de aplicare a tehnologiei: 3 ... 5 mil lei, funcţie de tipul instalaţiei.

Efecte economice generate prin aplicarea industrială: reducere de consum de energie electrică cu 30 ... 50% şi de amoniac cu 10%; lipsa totală a poluării mediului ambiant; eliminare import.

Proiectant: ICSITPSCM.

Executant: ICSITPSCM.

Instalaţie de sinterizare

ICSITPSCM

Descriere: Instalaţia se compune din: instalaţie de încălzire prin inducţie, cuptor de sinterizare stînga-dreapta, instalaţie de vidare. Instalaţia poate realiza următoarele faze ale procesului de sinterizare: deparafinare, presinterizare, sinterizare, răcire lentă, răcire forţată cu argon.

Domeniu de utilizare: instalaţia este destinată sinterizării plăcuţelor dure din carburi metalice.

Comparaţie cu instalaţii similare:

	Instalaţia prezentată	Instalaţia DEGUSSA (R.F.G.)
a) Principalii parametri tehnico-funcţionali:		
— temperatura maximă de lucru, °C	1 600	1 600
— spaţiu util, mm×mm	∅350×700	∅350×700
— şarja maximă, kg	80	80
— conducere proces	Cu programator+manual	manual
b) Principalele consumuri specifice:		
— hidrogen, m^3/h	5	5
— azot, m^3/h	5	5
— apă răcire, m^3/h	8,28	—
— putere instalată totală, kW	157	157
c) parametri calitativi:		
— durata neîntreruptă de funcţionare	12 luni	—
— durata de servire	10 ani	—

Costul instalaţiei: 7 milioane lei.

Efecte economice: consum redus de energie electrică pe kg de plăcuţe sinterizate faţă de sinterizarea efectuată pe utilaj (presinterizare+sinterizare); performanţele tehnice sînt similare cu cele pe instalaţia DEGUSSA; eliminare import.

Proiectant: ICSITPSCM.

Producător: ICSITPSCM.

Supapă de sens unic Dn 65 pentru instalaţiile de ungere ale reductoarelor de putere mare şi foarte mare*

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, ICTCM

Scurtă descriere: supapa de sens unic propriu-zisă este compusă din elemente de concepţie românească. Este o construcţie simplă şi nu necesită prelucrări mecanice speciale. Este compusă dintru-un corp cu rol de scaun al supapei, o supapă, un arc tarat la 0,5 bar şi două flanşe pentru legăturile exterioare. Aceste elemente pot fi executate la orice întreprindere.

Montajul supapei de sens este de tip traseu şi asigură un debit de 440 l/min; presiunea maximă de funcţionare 300 bar. Vehiculează uleiuri cu viscozitate de 20—200 cSt.

Pentru a putea funcţiona în condiţii de mediu dificile, supapa de sens unic prezintă protecţia climatică TA 3.

* Premiat la Salonul de Invenţii şi Inovaţii — Rîmnicu-Vîlcea, 1986 (autor ing. Gabriel Năstase).

Caracteristici tehnice:

— fluid de lucru,	TIN 125 EP, STAS 10588-76
— filtrarea fluidului de lucru utilizat,	40 μm
— temperatura fluidului de lucru,	—5 . . . +80°C
— diametrul nominal,	*Dn*=65 mm
— presiunea nominală,	*Pn*=10 bar
— protecția climatică	TA 3

Eficiența economică: eliminare import.
Producător: Întreprinderea de Mașini Grele București.

Supapă de siguranță Dn 80 — Pn 10 Bar pentru instalații de ungere de joasă presiune*

ICTCM

Scurtă descriere: supapele de siguranță sînt alcătuite din elemente de concepție originală și cap pilot de comandă din supapă de siguranță tip cartuș cod. 71.10.8.100.10.1. (procurabilă de la Întreprinderea Balanța Sibiu). Este construcție simplă ce se poate executa de către orice întreprindere. Montajul este de tip traseu sau pe bazin. Această supapă de siguranță poate asigura vehicularea unui debit de 880 l/min, cu viscozitatea de 20—200 cSt., la presiunea menținută în instalație de 10 bar. Montajul supapei de siguranță este ușor de executat.

Cu un arc tarat la o valoare mai mare de 10 bar, se poate folosi în orice instalație de acționare hidraulică unde se vehiculează debite mari și presiunea maximă admisă de 200 bar. Dacă se montează un distribuitor Dn 10 din producția Întreprinderea Balanța Sibiu poate fi comandată electric.

Caracteristici tehnice:

— fluid de lucru,	TIN 125 EP
— filtrarea fluidului de lucru utilizat,	40 μm
— temperatura fluidului de lucru,	—5 . . . +80°C
— diametrul nominal,	*Dn*=80 mm
— presiunea nominală,	*Pn*=10 bar

Eficiența economică: eliminare import.
Producător: Întreprinderea de Mașini Grele, București.

* Premiat la Salonul de Invenții și Inovații — Rîmnicu-Vîlcea, 1986 (autor ing. Gabriel Năstase).

Scanned with OKEN Scanner

Filtru pentru instalația de ungere pentru reductoare de putere mare și foarte mare*

ICTCM

Scurtă descriere: filtrul propriu-zis este compus din elemente de filtrare de la CARFIL — Brașov (Întreprinderea nr. 2), care sînt interschimbabile. Restul sînt elemente de concepție proprie, a căror execuție poate fi făcută de orice întreprindere. Aceste filtre se pot folosi în montaj baterie de 2, 3 . . . *n* elemente sau în monat tip traseu cu un singur element.

Un singur filtru asigură un debit de 150 l/min avînd o finețe de filtrare cuprinsă de 25 . . . 40 μm. Montajul în instalație a filtrului este relativ ușor; ca dezavantaj poate fi menționat faptul că în montajul filtrului în instalația de ungere trebuie prevăzute robinete de închidere-deschidere la intrarea și ieșirea din filtru.

Avantajul construcției este conferit de faptul că filtrul poate vehicula uleiuri cu viscozitate cuprinsă între 20—125 cSt. Domeniul de utilizare în toate instalațiile hidraulice și de ungere. Presiunea de lucru maximă admisă este de 63 bar. Pentru a putea lucra în condiții de climă deosebită filtrul prezintă și protecție climatică.

Caracteristici tehnice:

— finețea de filtrare, 40 μm
— debitul maxim admis, 150 l/min

Eficiența economică: eliminare import.
Producător: Întreprinderea de Mașini Grele — București.

Călirea în mediu sintetic de călire

Întreprinderea Industria Tehnico-Medicală București

Scurtă descriere: ICSITPSC București a înlocuit uleiul de tratament termic cu o soluție apoasă cu viscozitate mărită prin aditivare. Astfel se mărește durata fazelor de fierbere peliculară și de fierbere cu bule și se îngreunează schimbul de căldură prin convecție în cea de a treia fază. Ingredientele nu sînt derivate ale petrolului. La I.T.M., după un număr mare de încercări, s-a realizat o soluție apoasă cu caracter organic coloidal, cu care, prin modificarea procentajului, se realizează diverse viteze de răcire.

Domeniul de utilizare: călirea pieselor cu configurații relativ simple și medii.

---

* Premiat la Salonul de Invenții și Inovații — Rîmnicu-Vîlcea, 1986 (autor ing. Gabriel Năstase).

În străinătate se folosesc pentru mediu de călire substanțe derivate ale petrolului, polimeri cu solubilitate inversă, care la temperatura de lucru sînt lichizi și perfect miscibili cu apa. La contactul cu piesa caldă se separă sub forma unei pelicule la suprafața acesteia, care micșorează transmiterea fluxului de căldură către lichid, deci, încetinește viteza de răcire, iar sub o anumită temperatură se redizolvă în apă. Denumirile comerciale ale polimerilor străini sînt: OSMANIL, TEXANOL, UCON-A etc.

Principalii parametri tehnico-funcționali: substanța principală utilizată este carboximetilceluloză dizolvată în apă. Bazinele de călire trebuie dotate ca agitatoare mecanice, instațiile de răcire și cu sistem de încălzire. Sînt necesare termometre cu indicarea automată a temperaturii și efectuarea de analize chimice.

Consumuri specifice: apă plus carboximetilceluloză în proporție de 1 000 kg apă la 4 kg substanță.

Avantaje: se elimină pericolul de incendiu și de poluare în atelierele de tratamente termice renunțîndu-se la instalațiile de absorbție a gazelor nocive.

Se estimează o economie la costuri de circa 1,20 lei/litru de lichid de răcire.

Carboximetilceluloză se poate procura de la Combinatele de celuloză și hîrtie Brăila sau Făgăraș.

Metoda poate fi aplicată la piesele de serie mare cu configurație geometrică simplă.

La I.T.M. se aplică reperelor din clasa oțelurilor inox (W 4034) și din oțeluri de îmbunătățire (OLC 45).

Proiectant: ICSITPSC București.

Producător (executant): IITM București.

Stații de alimentare cu pompe cu pistoane axiale, tiposeria 20-00-00

Întreprinderea „Steaua Roșie" București

Stația se compune dintr-un rezervor realizat în construcție sudată, o electropompă cu pistoane axiale, filtru de umplere și aerisire, filtru de retur, manometru 0 . . . 300 bar, supapă de presiune, țevi, racorduri și răcitor de ulei.

Stațiile de alimentare sînt destinate instalațiilor hidraulice ca grupuri de alimentare cu ulei sub presiune, precum și ca panouri hidraulice, în

cazul montării pe stații a unor plăci cu aparate specifice instalațiilor respective.

Principalii parametrii tehnico-funcționali:

Produsul prezentat	Produse similare existente în:	
	țară	străinătate
$Q=20...240$ l/min $P=100...300$ bar $N=15...200$ kW $n=1\,000...1\,500$ rot/min	—	25...250 l/min 85...300 bar 18 kW...200 kW $n=1\,000$; 1 500 rot/min

Principalele consumuri specifice: laminate finite, 690 kg; bare, 13 kg; țeavă, 21 kg; piese turnate Al, 31 kg; laminate neferoase, 3 kg; electrozi, 3,6 kg; manoperă 370 ore.

Cheltuieli și condiții de aplicare a tehnologiei. Se aplică o tehnologie pentru o producție de serie foarte mică care nu necesită cheltuieli suplimentare.

Efecte economice: eliminare import.

Preț mediu, aproximativ 40 000 lei/buc.

Proiectant: CCSIT-AFS-SHP.

Producător: Întreprinderea „STEAUA ROȘIE", București.

Aparat de servodirecție hidraulică 80—800 cm³/rot cu centru închis cu sesizare de sarcină

Întreprinderea „Steaua Roșie" București

Soluția constructivă permite economisirea de energie hidraulică și ca urmarea, reducerea combustibilului folosit de utilajul pe care se montează. Acest lucru se realizează prin:

— în timpul lucrului, servodirecția primește energia hidraulică necesară unei bune funcționări, suplimentul de energie hidraulică este dirijat spre un alt consumator sau spre bazin; la sistemul actual tot debitul pompei este folosit la presiunea cerută de servodirecție, la sistemul nou propus debitul se divizează în două direcții, o direcție spre servodirecție la presiunea de lucru a servodirecției, cealaltă parte a debitului spre alt agregat hidraulic (sau la bazin) la presiunea cerută de agregatul hidraulic (sau a bazinului);

— reducerea numărului de pompe ce se montează pe utilaj, deoarece pompa de direcție poate furniza energie hidraulică și la alte agregate hidraulice.

Scurtă descriere; în principal, produsul este format din două subansamble: distribuție (corp, bucșă distribuitoare și sertar distribuitor) și dozator (stator, rotor, rolă). Antrenarea servodirecției se realizează cu volan prin canelură sau cuplaj. Legătura între cele două subansamble este

realizată de „arborele dințat“. Față de soluția cu centru deschis, această soluție prezintă al treilea orificiu de presiune, al cărui rol este de sesizare a sarcinii.

Domeniul de utilizare: produsul se utilizează la: direcția autovehiculelor de capacitate mare; tractoare, combine de recoltat grîu și porumb, autobasculante de mare tonaj, încărcătoare, stivuitoare.

Comparații cu produse similare folosite în alte țări:

— Principalii parametrii tehnico-funcționali:

Caracteristici tehnice	Produsul prezentat	Tip Danfoss
— presiunea nominală la orificiu, bar	160	175
— volumul geometric, cm³/rot	80—800	50—800
— masa netă, kg	9,850	7,000
— momentul maxim de antrenare, daN·m, la:		
— funcționare normală	1	1
— funcționare în avarie	12,5	12,5

— Principalele consumuri specifice de: a) Materiale: FCX 300, 6,800 kg; oțeluri aliate: 18MnCr10; 38MoCrA09 și RUL 1 B2, 8,500 kg; oțel carbon de calitate OLC 35, 6,800 kg; b) combustibil: ulei hidraulic, 0,300 kg/produs; ulei de tratament termic, 0,100 kg/produs; c) energie, 155 kWh/produs.

Cheltuieli și condiții de aplicare a tehnologiei: proiectare și cheltuieli pentru pregătirea fabricației, circa 500 000 lei; consum de muncă, 20 ore/produs; pierderi tehnologice, 6%; coeficient de utilizare a materialului 55%; elemente tipizate 70%.

Efecte economice: eliminare import; preț unitar, 4 000 lei/ buc.

Proiectant: ICSITMPS-SHP.

Producător: Întreprinderea „STEAUA ROȘIE“ — București.

Pompă cu roți dințate de înaltă presiune

Întreprinderea „Steaua Roșie“ București

Scurtă descriere: pompele cu roți dințate de înaltă presiune sînt de tipul cu angrenare exterioară și prestrîngere inițială. Flanșa se poate monta simplu sau cu lagăr întărit. Se execută în trei variante: cu ax canelat SAR, cu ax canelat DIN și cu ax conic (și flanșele corespunzătoare).

Domeniul de utilizare: în instalațiile hidraulice care necesită debite și presiuni mari și constante. Se utilizează pe diferite agregate fixe sau mobile, tractoare, agregate de construcții etc.

Scanned with OKEN Scanner

Comparaţie cu alte produse similare:

Caracteristici tehnice	Produsul prezentat			Pompa tip Bosch R.F.G.
— presiune, bar	min 150	nom 180	max 200	max. 180
— volum geometric, cm^3/rot		150		149,1
— turaţie, rot/min	500	1 500	2 500	max. 2 500
— temperatură, °C	—15	+40	+80	80°
— vîscozitatea, ν	12	33,4	100	min 12 max 100
— masa netă		25 kg		

Consumuri specifice de a) materiale: oţel aliat 18MnCr10, 8 kg; aliaj de aluminiu AA2014, 7 kg; fontă turnată FC 300, 4 kg; lagăre teflonate din import; b) combustibil: gaz pentru spălat; c) energie 7—8 kWh; d) manoperă, 10 ore/produs.

Preţ unitar informativ 7 000 lei/buc.

Nivelă cu tub flexibil, NTF 150/0,01 mm

Institutul Naţional de Metrologie Bucureşti

Scurtă descriere: aparatul funcţionează pe principiul vaselor comunicante şi este compus din două coloane care comunică între ele prin intermediul unui tub flexibil. Diferenţa de nivel este măsurată fie direct pe scările gradate milimetric ale celor două coloane, fie cu ajutorul unui micrometru de adîncime.

Domeniul de utilizare: aparatul se utilizează la măsurarea diferenţelor de nivel între suprafeţe în construcţia de maşini, pentru montarea transmisiilor şi alinierea palierelor. Permite măsurarea în puncte îndepărtate şi invizibile unele faţă de altele.

Comparaţie cu alte produse similare:

Caracteristici tehnice	Produs al I.N.M.B.	Produse similare existente în străinătate
Interval de măsurare, mm		
— cu riglă gradată	150	150
— cu micrometru	150	25
Valoarea diviziunii, mm		
— pe rigla gradată	1	1
— pe micrometru	0,01	0,01
Eroarea de justeţe, mm		
— cu riglă gradată	0,5	0,5
— cu micrometru 0 ... 25 mm	0,06	0,06
25 ... 150 mm	0,1	—

Preț unitar informativ, 10 000 lei.
Eficiență economică: eliminare import.
Proiectant: INMB.
Producător: INMB.

Tehnologia de fabricare a curelelor danturate cu inserție de sticlă pentru transmisii sincrone

Institutul de Cercetări Prelucrare Cauciuc și Mase Plastice

Scurtă descriere: produsul se fabrică pentru prima dată în țară. Tehnologia de fabricare a curelelor danturate constă în: impregnarea firelor de sticlă cu o soluție care le asigură aderența la cauciuc; realizarea unui amestec de cauciuc pe bază de elastomer cloroprenic care asigură o bună comportare la anduranță, la temperaturi de max 100°C; impregnarea țesăturii poliesterice care constituie stratul de la baza dinților; confecția curelelor pe un tambur danturat prin așezarea succesivă a stratului de țesătură, înfășurarea firelor de sticlă, așezarea stratului de cauciuc; așezarea manșonului de cauciuc împreună cu tamburul danturat în matriță și vulcanizarea în presa cu platane; rectificarea suprafeței manșonului și debitarea curelelor pe un strung; marcarea curelelor și ambalarea.

Domeniul de utilizare: Curelele danturate cu inserții din sticlă se utilizează pentru transmisii sincrone la autovehicule, în tehnica de calcul, electronică, industria textilă etc.

Principalii parametrii tehnico-economici: funcționează în intervalul de temperatură —40 . . . +100°C ca și produsele străine.

Preț unitar informativ, 23,75 lei/kg.
Eficiență economică: eliminare import.
Producător: IPMP Buzău.

Tehnologia de fabricare a curelelor longitudinale tip poly V

Combinatul de Articole Tehnice din Cauciuc — Jilava

Scurtă descriere a procesului tehnologic: aplicarea stratului de cauciuc care va alcătui canelura; aplicarea elementului de rezistență cablu poliaderizat cu latex și cu soluție cauciuc policloropren; aplicarea stratului de cauciuc de amortizare; aplicarea stratului protector din pînză de bumbac gumată cu amestec cauciuc policloroprenic; aplicarea bandajului de impresie din pînză inlet; aplicarea plăcii elastice din cauciuc vulcanizat fixată cu ștraifuri de pînză gumată; bandajare cu cablu tensionat la 10 kgf; vulcanizare timp de 90 min la 165°C timp de 16 ore.

Scanned with OKEN Scanner

Domeniul de utilizare: curelele poly V sînt curele fără sfîrşit, cu lăţimi tăiate la numărul de nervuri rezultate din calcul, ce asigură transmiterea întregii puteri printr-o singură curea, conferind o distribuţie uniformă a presiunilor, eliminînd astfel inconvenientele montajului transmisiei printr-un set de curele trapezoidale. Posibilitatea transmiterii de puteri mari la viteze liniare mari recomandă folosirea acestor curele în transmisiile maşinilor de rectificat, de găurit.

Comparaţii ale tehnologiei prezentate cu altele similare:

Parametrii	Curele tip CATC Jilava	Curele tip Hutchnson
a. Principalii parametrii tehnico-funcţionali:		
Puterea transmisă maximă, CP	750	750
Viteza liniară, m/s	50	50
Principalele consumuri specifice: materii prime: cauciuc, 396 kg/t; negru de fum, 324 kg/t; energie 813 kW·h/t.		
c. Parametrii calitativi ai produsului obţinut:		
— rezistenţa la rupere, kgf/cm min	250 kgf/cm	250
— alungire la rupere maximă, %	10	10
— aderenţa: pînză-cauciuc	min 2	min 2
— cauciuc-cablu	min 2,5	min 2,5

Efecte economice: eliminare import.
Preţ unitar mediu informativ: 150 lei/ buc.
Producător: CATC JILAVA.

Scanned with OKEN Scanner

III

MAȘINI, UTILAJE ȘI SDV-URI. PROIECTARE, CONSTRUCȚIE, TIPIZARE

Scanned with OKEN Scanner

6
Sisteme flexibile de montaj

Ing. *Ion Crişan*

1. Bazele conceptului de flexibilitate în tehnologia de montaj

Pentru a putea intra direct în subiect, presupunem că aspectele generale ale problemei flexibilităţii în tehnologia sistemelor de producţie discontinue sînt cunoscute cititorilor [5, 6, 14]. De altfel, chiar în primul număr al acestei publicaţii ele au fost tratate pe larg.* Scopul prezentului studiu este de a particulariza aceste aspecte generale la un domeniu concret, montajul maşinilor şi aparatelor.

Motivele alegerii acestui domeniu sînt multiple. Tehnologia montajului merită toată atenţia în primul rînd datorită efectelor pe care le exercită asupra economiei şi calităţii producţiei. Montajul reprezintă — în tehnologia convenţională — o mare concentrare de manoperă, 10 . . . 40% din manopera directă totală. Se poate afirma că există o rămînere în urmă în ceea ce priveşte dotarea cu maşini şi unelte a montajului, în raport — de exemplu — cu prelucrările prin aşchiere şi cu sudura. Aceasta se reflectă negativ şi în calitatea produselor. Caracterul accentuat manual al operaţiilor de montaj tolerează uneori abateri calitative la operaţiile premergătoare, acoperite prin ajustări şi potriviri la asamblare, care de fapt pot deveni defecte ascunse. Studiile făcute în numeroase fabrici arată că raţionalizarea şi modernizarea tehnologiei de montaj poate conduce la creşteri substanţiale de productivitate (de cîteva ori), precum şi la asigurarea unei calităţi sporite.

Desigur că cea mai interesantă linie de urmat o constituie mecanizarea şi automatizarea. Există însă numeroase piedici, apreciate ca obiective, faţă de această tendinţă, în primul rînd mărimea insuficientă a loturilor de produse. Soluţia clasică de organizare a montajului în construcţia de maşini cu producţie de masă are ca imagine de referinţă fabrica de la Highlands Park (Michigan) pornită în anul 1913 de H. Ford pentru celebrul său „Model T". Aceasta se baza, în esenţă, pe diviziunea accentuată a operaţiilor de-a lungul unui transportor cu mişcare continuă sau sacadată, cu tact obligator, cu locuri de muncă echipate cu unelte mai mult sau mai puţin mecanizate. Nu s-a sesizat decît tîrziu faptul că această formă de organizare tehnologică, devenită tipică pentru secolul XX, avea cel puţin două inconveniente majore. În primul rînd rigiditatea. Se făcea haz de reclama firmei Ford care oferea clienţilor săi „maşini de orice culoare, cu condiţia să fie neagră". În al doilea rînd, complicaţia crescîndă a echipamentului, care, pe măsura creşterii gradului de automatizare de tip pur mecanic, trebuia înlocuit integral la lansarea

* v. TCMM 1, pag. 47—55 (Aurel Sandu) şi pag. 106—118 (Ion Crişan).

Scanned with OKEN Scanner

unui nou produs. Această tehnologie complicată și rigidă a clacat în momentul în care zguduirile economice din deceniul al șaptelea au dus la reducerea seriilor de fabricație și, implicit, la creșterea costurilor de producție. S-au produs deplasări pe scara priorităților care definesc competitivitatea: s-a menținut pe primul loc nivelul costurilor, dar a crescut mult importanța calității producției, în sensul larg al adaptării la cerințele pieții și înnoirii rapide a produselor. Cerințele de *flexibilitate* au devenit predominante, ceea ce explică violentele răsturnări de poziții în industria de automobile, electronică de larg consum etc. și ascendența japoneză.

Crearea tehnologiilor flexibile de montaj valorifică rezultatele a două direcții de cercetare care au influențat radical gîndirea tehnologică a ultimelor două decenii. Prima constă în *abordarea tehnologiei ca sistem* [4], prin trecerea efortului principal de creație de la concepția izolată a fiecărei operații în care este descompus procesul, la concepția integrată a sistemului tehnologic, la sinteza dintre metodele de muncă și echipamentele necesare acestei munci. În cadrul acestei abordări, un rol însemnat revine tipizării, sub două aspecte paralele: gruparea morfologică a pieselor și ansamblelor pe de-o parte, tipizarea elementelor componente ale echipamentelor tehnologice pe de alta. Piesele și ansamblele care fac obiectul procesului nu mai reprezintă forme individuale, ci se integrează în *familii de produse*, avînd caracteristici tehnologice comune. Sistemul tehnologic nu se proiectează pentru un caz izolat, ci pentru o familie de piese sau ansamble înrudite. În mod similar, structura echipamentelor care formează sistemul tehnologic nu mai reprezintă o concepție izolată, strict specifică, ci este constituită dintr-un număr de ansamble funcționale, care la rîndul lor fac parte din *sisteme de module* tipizate.

Pentru definirea familiilor de produse care să fie asamblate în cadrul aceluiași sistem de montaj se procedează la o clasificare ținînd seama de un număr de criterii specifice [10]. Precizăm că sub denumirea de „produs“ înțelegem un produs final sau un ansamblu, compus din mai multe repere sau piese distincte, care face obiectul montajului. În fig. 6.1 este prezentată, sub forma unei *cutii morfologice*, o astfel de clasificare, valabilă pentru profilul global al construcțiilor de mașini. Desigur că pentru cazurile practice dintr-o întreprindere, această clasificare trebuie mult adîncită, pe baza unor criterii care să țină seama de particularitățile profilului întreprinderii și de produsele care sînt efectiv de luat în considerare. Se poate ajunge astfel la constituirea unor grupe de produse care să reprezinte un compromis rațional între nivelul cerințelor de flexibilitate care se impun sistemului (cu alte cuvinte diversitatea profilului impus) și mărimea loturilor de montaj, care să corespundă unui nivel optim de diviziune a operațiilor și de productivitate a muncii.

Constituirea sistemelor de module tipizate pentru realizarea echipamentelor de montaj pleacă de la cerința asigurării funcțiunilor care trebuie efectuate în cursul montajului [3, 2]. În fig. 6.2 sînt prezentate aceste funcțiuni, conform clasificării și simbolizării adoptate de VDI 3239. Așa cum se vede din figură, ele sînt grupate în patru mari categorii: funcțiuni de manipulare, de asamblare, de control și de ajustare-reglare. Un sistem oarecare de module corespunde unei anumite funcțiuni (ca de exemplu „apucare“) sau unui cumul de funcțiuni (ca de exemplu „depozitare ordonată“ plus „alimentare“). Pentru exemplificare am prezentat

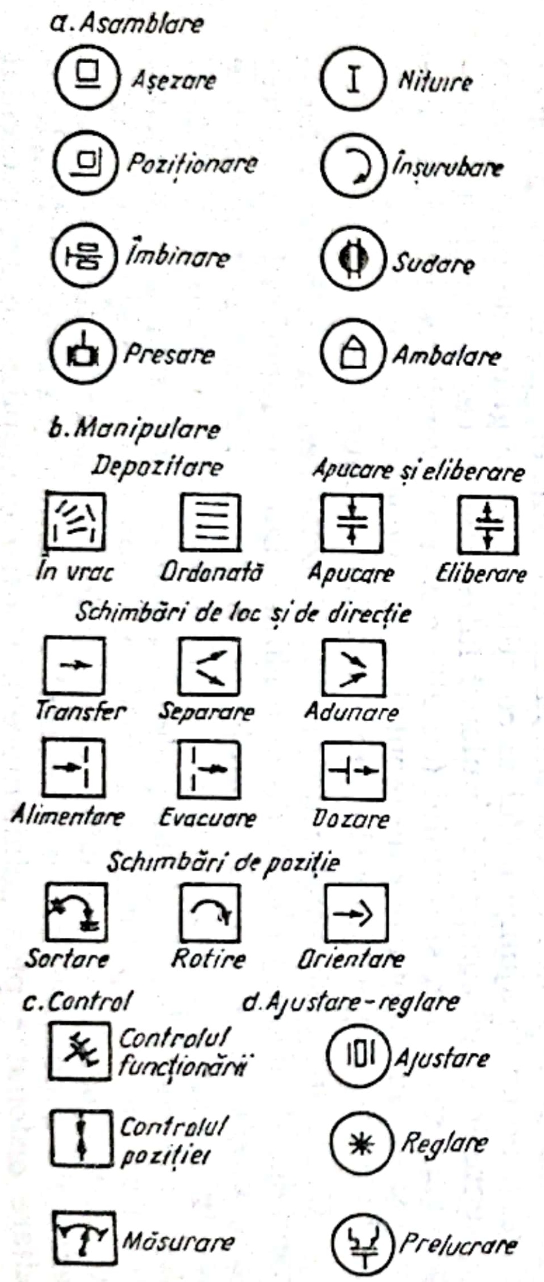


Fig. 6.2. Simbolizarea operațiilor de montaj.

	Criteriul ⇩ / Categoria ⇨	1	2	3	4	5	6	7
1	Formă	Plană	Cilindrică	Paralelipipedică				
2	Gabarit [mm]	< 10 Component electronic	10...30 Ceas de buzunar	30...100 Releu priză electrică	100...300 Aparat telefonic, micromotor	300...900 Mașină de scris, motor electric	900...1500 Mașină de spălat, frigider	1500...5000 Automobil
3	Masă [kg]	< 0,1	0,1.. 1	1.. 10	10...60	60...300	peste 300	
4	Număr de repere	1...3	3...10	peste 10				
5	Posibilități de deplasare	Alunecare	Rostogolire	Rulare pe mijloace proprii	Fără			
6	Clasa de precizie	Foarte precis	Precizie mijlocie	Precizie redusă				
7	Fragilitate	Foarte fragil	Ușor deformabil	Rigid				
8	Cadența montajului [buc/min]	< 1	1...3	3...10	peste 10			

Fig. 6.1. Clasificarea produselor în vederea constituirii sistemelor de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

în fig. 6.3 sistemele de module tipizate care îndeplinesc funcţiunea „transfer" din categoria funcţiunilor de manipulare. Realizarea industrială a sistemelor de module tipizate pentru operaţii de montaj constituie o inovaţie a ultimilor 10 ani, dezvoltîndu-se foarte dinamic. Pe plan mondial

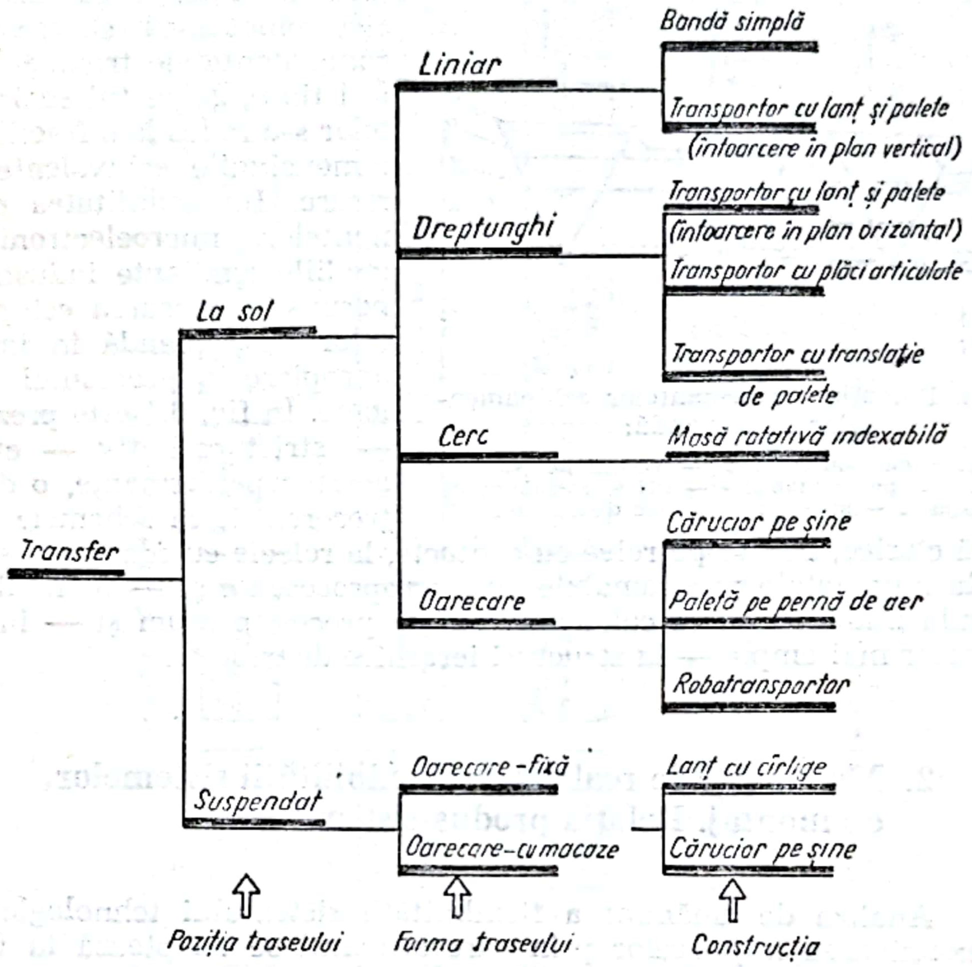


Fig. 6.3. Sisteme de module tipizate pentru funcţiunea „transfer".

firma BOSCH din R.F.G., dar şi alte firme germane, franceze şi din S.U.A., produc anumite categorii de astfel de module. La noi în ţară concepţia şi fabricaţia lor a fost iniţiată de I.C.T.C.M., care colaborează pentru producţie cu diferite întreprinderi din industria electrotehnică şi de maşini-unelte. La I.C.T.C.M. se editează curent cataloage de module tipizate pentru montaj.

A doua direcţie de progres care a contribuit esenţial la crearea tehnologiilor şi sistemelor flexibile de montaj a fost *informatizarea*. Comanda sistemului tehnologic a fost trecută din grija operatorului uman pe seama echipamentului de comandă, care a beneficiat de aportul posibilităţilor noi pe care le oferă microelectronica şi tehnica de calcul. Aceste posibilităţi au crescut performanţele echipamentelor de comandă în patru direcţii, în mare măsură interdependente. Astfel s-a dezvoltat mult complexitatea, exprimată prin dimensiunile programelor care pot fi desfăşurate automat, ca număr de paşi ai procesului şi număr de elemente componente ale

Scanned with OKEN Scanner

sistemului, precum și prin numărul parametrilor controlați în timpul procesului. A crescut flexibilitatea, prin trecerea de la programe fixe, realizate prin schemele logice cablate, la memorii electronice programabile. A crescut considerabil fiabilitatea echipamentelor, ca urmare a renunțării la releele cu comutație electromecanică și trecerii la componente electronice. În același timp, gabaritul echipamentelor s-a redus la o fracțiune din dimensiunile echivalente anterioare. Insensibilitatea componentelor microelectronice la mediile ambiante industriale a permis amplasarea echipamentelor de comandă în imediata apropiere a procesului tehnologic. În fig. 6.4 este prezentată — strict calitativ — evoluția acestor performanțe, o dată cu trecerea de la schemele de comandă clasice, bazate pe relee cu contacte, la releele cu comutație statică, apoi la automatele programabile cu microprocesoare și — în final — la comanda numerică și la calculatoarele de proces, precum și — în cazul sistemelor mai ample — la structuri ierarhice distribuite.

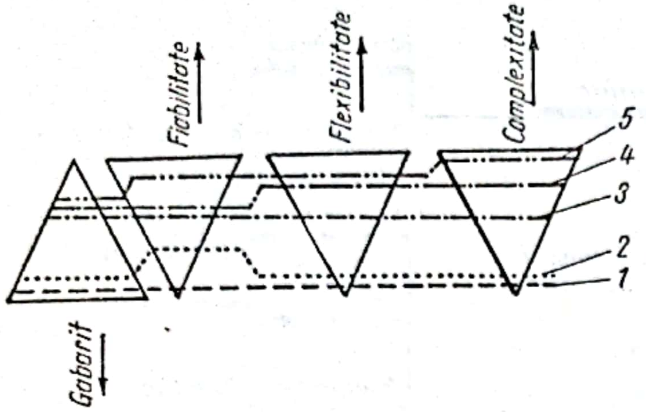


Fig. 6.4. Evoluția performanțelor echipamentelor de comandă:

1 — relee cu contacte; 2 — comutație statică; 3 — automat programabil; 4 — CN și calculator de proces; 5 — structuri ierarhice distribuite.

2. Modalități de realizare a flexibilității sistemelor de montaj. Relația produs-sistem

Analiza de amănunt a flexibilității sistemului tehnologic necesită examinarea mijloacelor prin care sistemul se adaptează la factorii „independenți“ de sistem, care sînt produsul, programul (sau cadența) de producție și omul ca participant la sistem. Ne propunem să examinăm deci modalitățile de realizare a flexibilității în relațiile produs-sistem, cadență-sistem și om-sistem.

În fig. 6.5 sînt prezentate modalitățile de adaptare a sistemului de montaj la schimbările care intervin în caracteristicile produsului. Evident că aceste schimbări se referă atît la structura echipamentului (hardware), precum și la program (software). În ordinea flexibilității crescînde, *programul fix*, modificabil numai prin recablarea panoului de comandă, reprezintă treapta de jos. Nu trebuie însă omisă posibilitatea realizării unor sisteme flexibile de montaj cu program fix, la care flexibilitatea este realizată exclusiv prin concepția elementelor mecanice, soluție accesibilă cînd diferențele dintre produsele care se montează sînt neînsemnate.

Flexibilitatea sporește la sistemele care permit *comutarea* unor funcțiuni, de exemplu devierea traseului pentru ocolirea unui număr de posturi de lucru, cum poate fi cazul la o linie de montaj pentru rul-

Scanned with OKEN Scanner

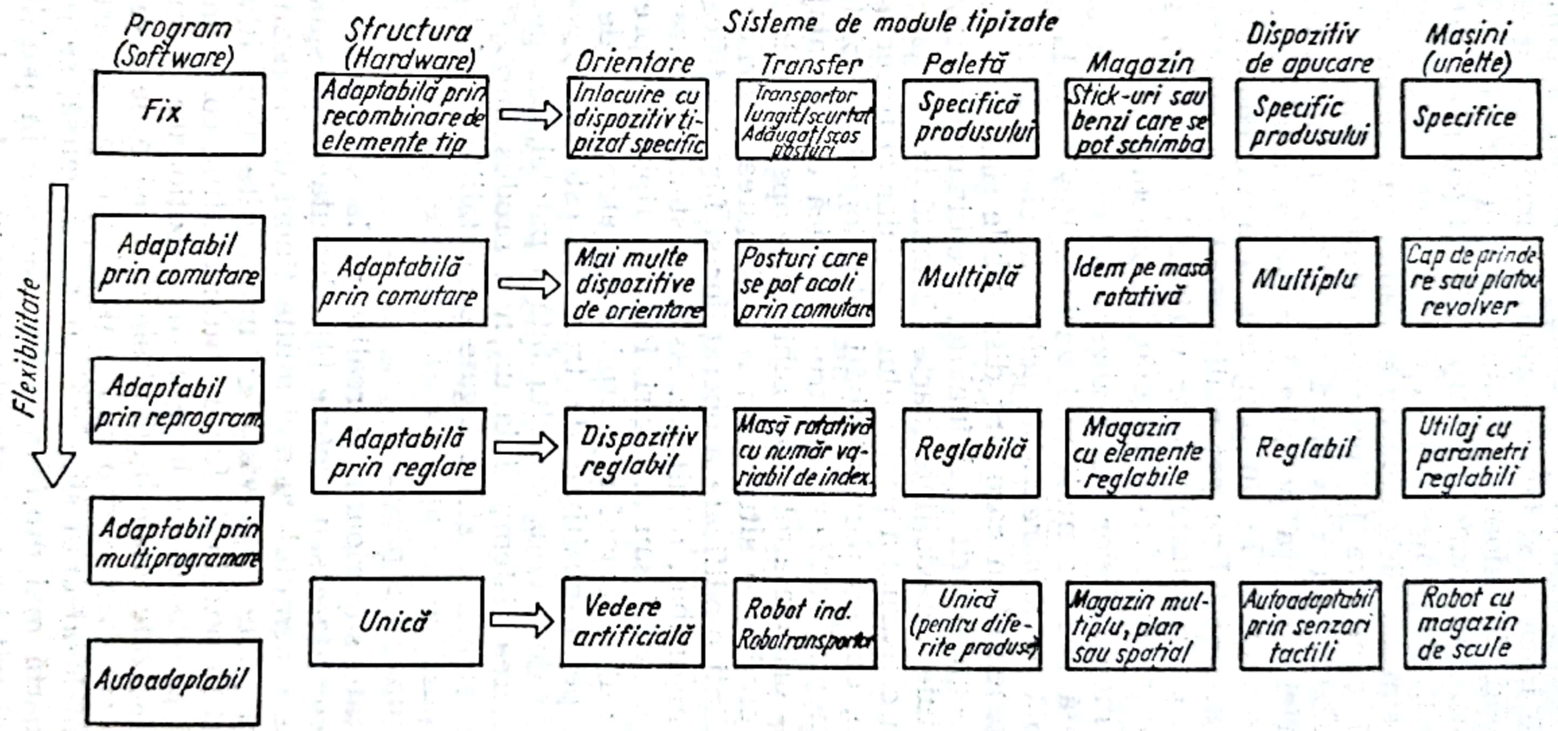


Fig. 6.5. Modalități de realizare a flexibilității sistemelor de montaj.

Scanned with OKEN Scanner

menţi cu bile de aceeaşi dimensiune, dar în construcţii diferite: capsulată cu capace și necapsulată [8]. Comutarea se efectuează manual prin manevrarea unei chei de comandă, sau prin înlocuirea unei plăci cu circuite imprimate. Se poate realiza şi o comutare automată prin identificarea produsului care intră în sistem cu ajutorul unui cod mecanic, optic sau magnetic. În condiţiile adoptării echipamentelor de comandă cu automate programabile, care au memorii de tip EPROM (cu posibilităţi de ştergere şi reprogramare), programele pot fi corectate sau înlocuite printr-o procedură relativ simplă. Sistemele de comandă cu calculator numeric permit intervenţii operative în program printr-o consolă interactivă de comandă, prevăzută cu claviatură şi afisaj alfanumeric. Capacitatea mare a memoriei acestora permite înregistrarea mai multor programe şi trecerea automată de la un program la altul, comandată de senzori din sistem. În acelaşi fel se pot realiza modificări adaptive de program, care ţin seama de rezultatele unor verificări în proces, sau de evenimente aleatoare (piese defecte, defectări în sistem etc.).

Problema modalităţilor de realizare a unor structuri (hardware) flexibile prezintă aspecte mult mai variate. Revenind la fig. 6.5, găsim pe prima treaptă *combinarea sistemelor din elemente tipizate* [1, 3, 10, 12, 13]. Din momentul în care sînt disponibile sistemele de module tipizate la care ne-am referit mai înainte, combinarea acestora în sisteme adecvate constituie o modalitate foarte eficientă de adaptare la modificări care intervin în construcţia produsului sau chiar la trecerea la un produs din altă familie, dar cu particularităţi tehnologice apropiate. Experienţa sistemelor de montaj realizate pentru o fabrică de aparataj de instalaţii a demonstrat — printre altele — posibilităţile operative de trecere a unor linii de la un produs la altul, prin recombinarea locurilor de lucru corespunzător ordinii modificate a operaţiilor şi fără modificări importante la maşinile de înşurubat, nituit etc. Astfel, sistemul de transfer se menţine acelaşi, cu scurtări sau adăugiri. Paletele tipizate reprezintă o interfaţă între sistemul de transfer şi produs. Ca atare, faţa de jos a paletei, care se aplică pe dispozitivul de transfer, este unică pentru sistem; diferă în funcţie de produs cealaltă faţă a paletei, cea pe care se aşază produsul. Adaptarea sistemului la un nou produs implică de asemenea înlocuirea unor elemente strict legate de detaliile morfologice ale produsului, ca dispozitive de apucare şi prindere sau magazine în care se face aşezarea ordonată a pieselor.

O flexibilitate superioară se realizează la structurile prevăzute cu posibilităţi de *comutare* sau *reglare* [4]. Comutarea presupune echiparea unor posturi ale sistemului cu mai multe tipuri de dispozitive sau scule. Astfel, un robot poate fi prevăzut cu mai multe dispozitive de apucare diferite, aducînd în poziţia de lucru unul sau altul, conform programului. Paleta poate fi prevăzută cu locaşuri de poziţionare pentru mai multe tipuri de piese, aşezate unele lîngă altele. O maşină de înşurubat poate fi echipată cu cap revolver pentru mai multe forme şi dimensiuni ale capului şurubului. În locul unui singur limitator de cursă, se poate folosi un tambur care poartă mai multe opritoare, aşezate în poziţii diferite, corespunzătoare diferitelor variante ale procesului. La adaptarea prin reglare, varierea elementelor de structură se face prin elemente de reglaj. Astfel, un dispozitiv de apucare pentru bare cilindrice poate fi reglat ca

Scanned with OKEN Scanner

să apuce un anumit diametru. Paleta poate fi de asemenea prevăzută cu elemente de reglaj. Atît comutarea, cît și reglarea se pot realiza mecanic sau electric. În primul caz, adaptarea necesită o intervenție mecanică în sistem. În al doilea caz, adaptarea se poate face prin intermediul echipamentului de comandă. Pentru reglările care presupun deplasări precise ale elementelor (de exemplu limitatori de cursă sau scule de asamblare) se recurge la traductoare de deplasare și comenzi numerice.

Nivelul cel mai înalt de flexibilitate este acela la care structura sistemului nu necesită adaptări cu caracter mecanic, pentru întreaga varietate de produse prevăzute, ceea ce se realizează, în principal, prin introducerea roboților industriali și a robotransportoarelor [3, 6, 9, 15]. Acestea preiau atît operațiile de manipulare (transfer, schimbări de poziție, alimentare), cît și unele operații de asamblare. În ultimul caz, flexibilitatea crește prin introducerea în sistem a magazinelor de produse și/sau de scule, atît accesul robotului la diferitele poziții ale magazinului, cît și schimbarea sculei fiind comandate de program. Prevederea dispozitivelor de apucare ale roboților cu senzori tactili contribuie de asemenea la sporirea versatilității unor structuri mecanice unice.

O subliniere specială necesită posibilitățile de trecere la o treaptă superioară de flexibilitate a sistemelor de montaj prin utilizarea roboților cu vedere artificială pentru orientarea pieselor [11]. Se știe că operația de orientare efectuată prin mijloace mecanice prezintă mari dificultăți și necesită — în general — soluții specifice fiecărui tip de piesă. Reglarea dispozitivelor mecanice de orientare de la o piesă la alta, chiar din aceeași familie, este o operație complicată și de durată, în multe cazuri imposibilă fără să se recurgă la om. Camerele de luat vederi și procesoarele de imagine introduse în sistemele de montaj rezolvă aceste probleme, fără a mai recurge la artificii mecanice.

Am menționat mai înainte numai cîteva exemple ale modalităților practice de realizare a flexibilității sistemelor de montaj, aici prezentîndu-se în principal sistematizarea soluțiilor care stau la dispoziția tehnologului proiectant, precum și facilitarea accesului la o procedură logică de alegere a soluției celei mai potrivite pentru o temă dată. Este de reținut, desigur, marea varietate a mijloacelor tehnice la care se poate recurge, precum și faptul că sistemele de montaj cu roboți industriali conduse de calculator prezintă cele mai avansate caracteristici de flexibilitate și cea mai promițătoare perspectivă. Pe lîngă aceste sisteme evoluate, o multitudine de probleme practice de montaj pot fi rezolvate la niveluri mai reduse de flexibilitate, pe căile menționate, pentru a căror cunoaștere mai aprofundată se poate recurge la o bogată bibliografie [3, 10, 12, 13].

3. Modalități de realizare a flexibilității sistemelor de montaj. Relația cadență-sistem

Flexibilitatea unui sistem tehnologic trebuie să se manifesteze și în condițiile în care trebuie să se modifice cadența producției, ca urmare a creșterii sau diminuării cererii. Acest aspect este foarte impor-

Scanned with OKEN Scanner

tant, deoarece astfel de fluctuaţii sînt inevitabile. Practic, unele sisteme avansate de montaj nu sînt bine utilizate deoarece în perioadele de vîrf „nu fac faţă“, iar în restul timpului „au o capacitate de producţie prea mare“.

Potenţialul de producţie solicitat unui sistem de montaj, exprimat în timp de lucru pe o anumită perioadă, rezultă prin înmulţirea duratei de execuţie a montajului cu numărul de produse care trebuie montat într-o perioadă, fiind reprezentat de dreptunghiul din fig. 6.6 [10]. În

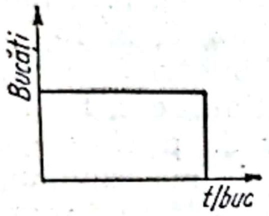


Fig. 6.6. Potenţialul sistemului de montaj.

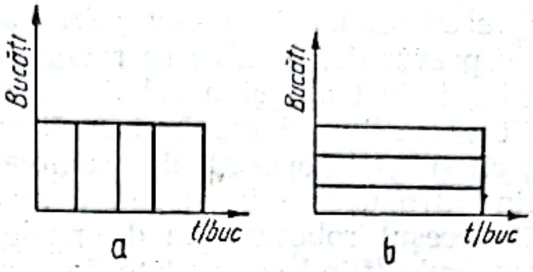


Fig. 6.7. Diviziunea potenţialului de montaj:
a — în serie; *b* — în paralel.

cazul general, acest potenţial depăşeşte posibilităţile unui singur loc de lucru, aşa încît trebuie să se treacă la diviziunea lui. După cum se vede din fig. 6.7, suprafaţa poate fi împărţită prin linii verticale, ceea ce corespunde diviziunii operaţiilor de montaj, sau prin linii orizontale, ceea ce echivalează cu diviziunea cantităţii de montat pe mai multe posturi identice. Putem vorbi în primul caz de punerea în serie a operaţiilor de montaj şi în al doilea caz — de punerea lor în paralel. Un sistem concret de montaj face uz, în principal, de diviziunea operaţiilor, dar în multe cazuri se recurge şi la punerea în paralel a mai multor posturi, pentru anumite operaţii de durată mai lungă (fig. 6.8).

În cazul în care se solicită sporirea cadenţei producţiei, se poate face adaptarea potenţialului în două moduri: prin diviziunea mai accentuată a operaţiilor (fig. 6.9, *a*) sau prin punerea în paralel a mai multor linii

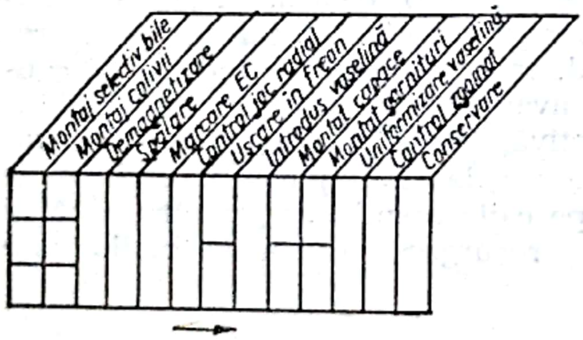


Fig. 6.8. Schema de diviziune a unei linii automate de montat rulmenţi.

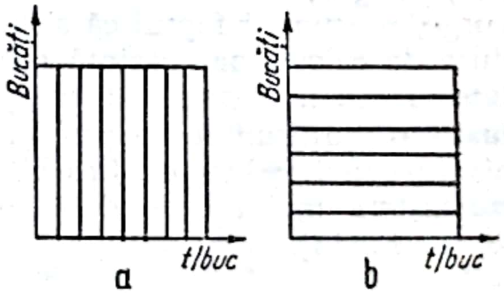


Fig. 6.9. Adaptarea sistemului pentru cadenţă sporită:
a — diviziunea operaţiilor; *b* — punerea în paralel a operaţiilor.

de montaj (fig. 6.9, *b*). Ambele soluţii necesită desigur (faţă de situaţia iniţială din fig. 6.7) un număr mai mare de locuri de lucru. Prima variantă are avantajul de a se putea realiza prin aşezarea posturilor suplimentare de montaj de-a lungul aceleeaşi linii de transfer. În multe

cazuri, aceste posturi pot fi identice cu posturile iniţiale, suprimîndu-se unele dispozitive şi utilaje. Pentru a facilita adaptarea, proiectul iniţial al sistemului lasă distanţe mai mari între posturi, astfel încît dublarea lor să nu necesite prelungirea liniei. În a doua variantă sistemul de manipulare se complică. Practic se realizează o combinaţie a celor două soluţii (fig. 6.10).

În mod similar, dacă este necesară reducerea cadenţei, se recurge fie la concentrarea operaţiilor (fig. 6.11, *a*), fie la punerea lor în serie, adică executînd succesiv operaţiile pe întreg lotul, dar operatorii mutîndu-se succesiv de la un loc de lucru la altul (fig. 6.11, *b*). În exemplul din fig. 6.12, varianta *b* recurge la concentrarea operaţiilor din posturile de la mijlocul liniei la un singur operator iar varianta *c* corespunde schemei din fig. 6.11, *b*. Numărul de operatori s-a redus de la 4 la 2, lucrînd la primele operaţii. După execuţia acestora la întregul lot de produse, aceiaşi operatori trec pe ultimele două locuri de lucru şi execută operaţiile finale. Între cele două porţiuni ale liniei devine necesară intercalarea unui stocator. Aşa cum se vede, modificările sistemului în ambele variante sînt relativ simple.

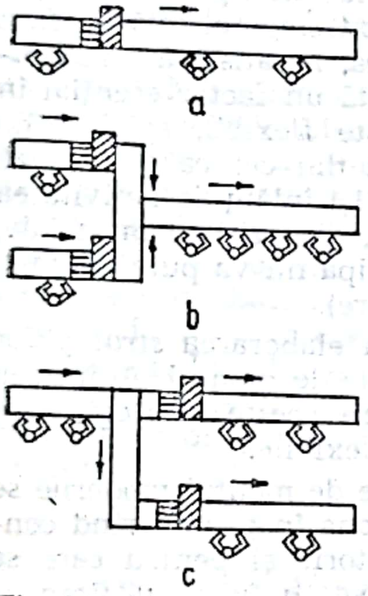


Fig. 6.10. Variante de adaptare a sistemului la cadenţe sporite:

a — soluţia iniţială; *b* şi *c* — variante de adaptare.

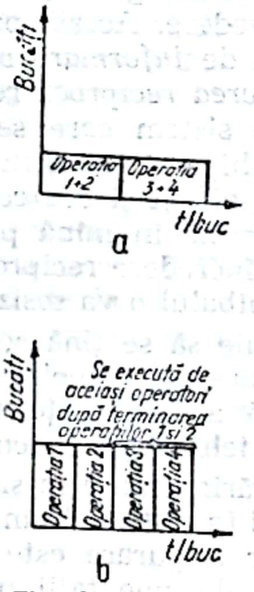


Fig. 6.11. Adaptarea sistemului pentru cadenţă diminuată:

a — concentrarea operaţiilor; *b* — punerea în serie a operaţiilor.

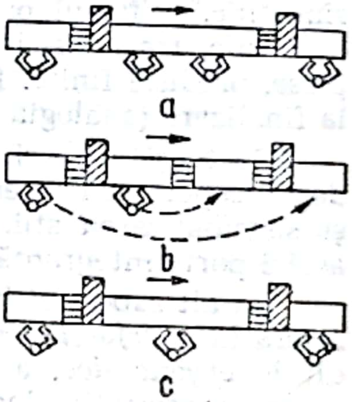


Fig. 6.12. Variante de adaptare la cadenţe diminuate:

a — soluţia iniţială; *b* şi *c* — variante de adaptare.

4. Modalităţi de realizare a flexibilităţii sistemelor de montaj. Relaţia om-sistem

În realizarea practică a sistemelor evoluate de montaj, problema integrării omului în sistem capătă o importanţă deosebită [4, 7]. În mod numai aparent paradoxal, scăderea ponderii muncii manuale în sistemele de montaj atribuie valenţe noi participării omului la crearea şi funcţio-

Scanned with OKEN Scanner

narea sistemului, această participare fiind esențială pentru ca aptitudinile de flexibilitate ale sistemului să fie pe deplin puse în valoare.

În concepția și implementarea sistemelor flexibile de montaj, inteligența creatoare inginerească se valorifică numai în urma unui proces destul de complex de învățare. Pe de altă parte, exploatarea unui sistem flexibil oricît de înalt automatizat depinde de asistența care i se asigură de către om, sub multiple aspecte, ca reglaje, asistență tehnică, programări, întreținere și reparații. De fapt, omul rămîne *componentul cel mai flexibil* al sistemului tehnologic. De aceea, integrarea perfectă a omului în sistem rămîne o condiție de bază a funcționării eficiente.

Există numeroase aspecte ale acestei integrări, dintre care *recepția noului* face obiectul multor frămîntări. Opiniile se pot schematiza la două extremități. Într-o parte cercetătorul, proiectantul, tehnologul, cei care au conceput tehnologia nouă și care, convinși de infailibilitatea tehnicii, de perfecțiunea noului sistem imaginat, acuză pe cei din producție de lipsă de receptivitate față de nou. În cealaltă parte, oamenii puși să lucreze efectiv în condițiile noului sistem, care pun orice neajuns pe seama proiectului insuficient gîndit, a soluțiilor neexperimentate, a posibilităților scăpate din vedere. Aceste poziții extreme reflectă de fapt deficiențe de *contact*, lipsa de *informare* reciprocă, nesatisfăcătoarea *învățare* a sistemului. *Încrederea reciprocă* reprezintă un factor esențial în receptarea noului. Într-un sistem care se dorește flexibil, spiritul de echipă este de rigoare. Echipa se constituie atît din cei care lucrează sincronic, în tactul producției, cît și din cei care își înlănțuie activitatea diacronic, trecîndu-și din mînă în mînă proiecte, dispozitive, materiale, piese, produse finite. Fără încredere reciprocă echipa nu va putea ajunge la finalizare (analogia cu fotbalul o va sesiza fiecare).

De acești factori trebuie să se țină seama la elaborarea *strategiilor* de concepere și implementare a sistemelor flexibile de montaj. Adîncirea și sistematizarea științifică a cunoștințelor despre aceste strategii face astăzi parte integrantă din tehnologia sistemelor flexibile.

Un alt aspect al integrării omului în sistemele de montaj moderne se referă la *satisfacția omului în sistem*. Vom menționa în primul rînd condițiile *ergonomice*, a căror asigurare este obligatorie și pentru care se găsesc prescripții clare în documentații normative. În ultimul timp se pune un accent deosebit pe factorii de natură *psihologică,* dintre care cel mai important este tocmai *flexibilitatea legăturii om-sistem*. O condiție care se pune concepției sistemelor flexibile de montaj constă în posibilitatea varierii ritmului muncii, precum și posibilitatea oferită operatorului uman de a se deconecta temporar de sistem, fără a întrerupe funcționarea lui. În acest scop, metodele sincrone de transfer, cu tact obligatoriu, inclusiv sistemele de transfer cu mișcare continuă, care obligă pe operator să efectueze operațiile deplasîndu-se o dată cu banda, au fost înlocuite cu sisteme asincrone (fig. 6.13). Tactul de lucru este comandat de fiecare operator; acesta declanșează efectuarea transferului în momentul în care a terminat operația. Magazine tampon situate în amonte și în aval permit operatorului să lucreze mai încet sau mai repede, sau chiar să părăsească postul de lucru pentru o fracțiune de timp. Posturile de lucru sînt astfel proiectate încît permit diminuarea sau îmbogățirea operațiilor. *Îmbogățirea muncii* reprezintă, în concepția unor specialiști în

Scanned with OKEN Scanner

organizarea muncii, principala cale de a acţiona asupra acestor factori psihologici, pentru a creşte productivitatea şi calitatea muncii. Ideea se concretizează înlocuind operaţiile simple atribuite fiecărui muncitor, cu un complex de atribuţii, cuprinzînd şi un volum sporit de informaţii şi de prelucrări logice ale acestora, inclusiv adoptări de decizii, care în final îl transformă pe cel ce era un simplu executant, în factor conştient şi responsabil de conducere a procesului. Practic, munca în linie tehnologică, bazată pe diviziunea accentuată a operaţiilor, este înlocuită cu munca în echipe multispecializate, cărora li se atribuie sarcini complexe, cum ar fi de exemplu montarea completă a unor produse sau ansamble mari.

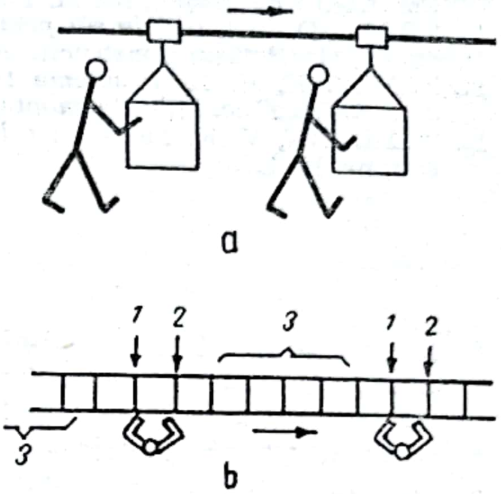


Fig. 6.13. Transfer sincron şi asincron:

a — transfer sincron-conveier suspendat cu mişcare continuă; *b* — transfer asincron-transportor cu palete cu mişcare discontinuă comandată de operator; *1* şi *2* — opritoare de intrare şi ieşire; *3* — stoc de palete în aşteptare.

Este important de subliniat că posibilităţile tehnologice specifice ale sistemelor de fabricaţie flexibile, în special roboţii industriali, robotransportoarele şi sistemele de comandă distribuite cu microprocesoare, se corelează perfect cu conceptul menţionat de îmbogăţire a muncii. În cadrul sistemelor de fabricaţie flexibile, omul rămîne — în principal şi în mod preferenţial — factorul adaptiv al sistemului, pus să sesizeze informaţiile eterogene şi să rezolve excepţiile sau abaterile aleatorii de la program, în timp ce operaţiile repetitive se desfăşoară automat, conform programelor. În felul acesta automatizarea flexibilă se dovedeşte a fi în total acord cu tendinţele naturale de evoluţie a omului, din ce în ce mai puţin disponibil pentru munca simplă, din ce în ce mai atras de munca complexă.

BIBLIOGRAFIE

1. CRACIUNOIU, T. şi DINULESCU, N. *Linii flexibile automate de prelucrare şi montaj.* În Revista Construcţiilor de Maşini, nr. 11, 1985.
2. CRACIUNOIU, T. şi DINULESCU, N. *Subsistemul de manipulare semifabricate.* În Revista Construcţii de Maşini nr. 12, 1985.
3. CRIŞAN, I. şi DOBRE, N. *Automatizarea montajului în construcţia de maşini.* Bucureşti, Editura Tehnică, 1979.
4. CRIŞAN, I. *Tehnologia ca sistem.* Bucureşti, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1980.
5. CRIŞAN, I. *Sisteme de fabricaţie flexibile.* În: Revista Construcţii de Maşini, nr. 8, 1983.
6. CRIŞAN, I. *Sisteme flexibile de fabricaţie cu robotransportoare.* În: OID-ICM, 1986.
7. CRIŞAN, I. *Structuri industriale flexibile.* În Revista Economică, nr. 22, 23, 25, 1986.

Scanned with OKEN Scanner

8 DINULESCU, N. și DOBRE, V. *Linii flexibile pentru montajul rulmenților radiali cu bile.* În: Revista Construcții de Mașini, nr. 11, 1985.
9. DRIMER, D., ș.a. *Roboți în sisteme flexibile.* În Revista Construcții de Mașini, nr. 12, 1985.
10. KONOLD, P. și WELLER, B. *Flexibile Montagesysteme. Konzepzion und Feinplanung durch Kombination von Elementen,* Berlin, Springer Verlag, 1985.
11. RUTHMILL K., ș.a. *Robotic Assembly,* Berlin, Springer Verlag, 1985.
12. TOPAL, D. *Cîteva criterii privind elaborarea unui concept de montaj.* În Revista Construcții de Mașini, nr. 11, 1985.
13. TOPAL, D. *Principalele căi pentru mărirea flexibilității și eficienței unei linii de montaj.* În Revista Construcții de Mașini, nr. 12, 1985.
14. ZAMIATIN, V. K. *Probleme tehnologice în legătură cu elaborarea sistemelor automatizate flexibile de montaj.* În Revista Construcții de Mașini, nr. 11, 1985.
15. ZAMIATIN, V. K. *Folosirea roboților în montaj.* În Revista Construcții de Mașini, nr. 12, 1985.

7
Despre sistemele flexibile de fabricație

Note de lectură

Ing. *Ion Iliescu*

Caracteristică pentru dezvoltarea industrială de după cel de-al II-lea război mondial a fost extinderea producției de mare serie, bazată pe un amplu proces de tipizare și standardizare ale produselor, ca și ale tehnologiilor, ale mașinilor-unelte și echipamentelor, ale componentelor și sculelor — pe de o parte și pe specializarea riguroasă, tot mai îngustă a lucrătorilor — pe de altă parte, cu efecte spectaculoase pe planul creșterii productivității muncii. Modelul acestei dezvoltări l-a constituit experiența industriei americane, Taylorismul — știința și arta managementului industrial, a organizării riguroase a producției și a muncii, care s-a impus tocmai prin eficiență înaltă a liniilor de fabricație de mare serie și care și-a evidențiat, odată mai mult, virtuțile pe măsura adaptării tehnologiilor moderne, echipării cu mașini tot mai performante, cu echipamente de automatizare și, mai recent, prin introducerea mașinilor cu comandă numerică, implementarea tehnicilor de calcul, a computerelor și a microprocesoarelor. Toate acestea au determinat înlocuirea pe scară tot mai largă a muncii manuale, specializate și amplificarea continuă a productivității muncii.

În ultimii ani, însă, producția de mare serie, chiar și înalt automatizată (sau cu atît mai mult) se confruntă cu dificultăți tot mai mari, datorită mobilității foarte mari a pieții, a cererilor acesteia — atît sub aspect cantitativ, cît și calitativ — ceea ce impune producătorilor creșterea capacității de adaptare, de modificare rapidă a fabricației, a produselor, a tehnologiilor, a materialelor utilizate, prin îmbunătățirea, totodată, a indicatorilor economici. Or, liniile de fabricație de mare serie se caracterizează printr-o mare rigiditate. Ceea ce constituia virtutea acestor sisteme — tipizarea, standardizarea, loturile mari de produse de același tip fabricate în mare serie — au devenit principalul lor neajuns. Aceasta a făcut ca să apară preocupări tot mai insistente pentru dezvoltarea unei noi calități a fabricației în industria prelucrătoare — *flexibilitatea,* care implică modificări radicale atît în domeniul *tehnologiilor* de fabricație, cît și în domeniul *managementului,* al conducerii și organizării producției și a muncii, atît la microscară, la nivelul formațiilor de muncă, al atelierelor și unităților de producție, cît și la macroscară, la nivelul companiilor, al ramurilor, ca și al economiilor naționale. Aceasta a devenit una din problemele-cheie ale dezvoltării industriale contemporane, ale strategiilor economice.

Pe linia acestor preocupări, ultimii ani au consemnat dezvoltarea producţiei de maşini-unelte şi echipamente automatizate, cu grad tot mai avansat de flexibilitate, în special prin integrarea tehnicilor informatice, cu suport electronic şi tehnică de calcul. Mai recent, şi-au făcut apariţia celule de fabricaţie flexibile şi mai ales *sisteme flexibile de fabricaţie* — unităţi complexe, integrînd maşini-unelte cu comandă numerică şi celule flexibile, echipamente electronice, roboţi şi manipulatoare, microprocesoare şi calculatoare — care se prezintă ca nişte fabrici în miniatură, cu un grad înalt de flexibilitate şi adaptabilitate, concomitent cu o înaltă eficienţă economică şi cu productivităţi spectaculoase.

Dacă Statele Unite, respectiv companiile americane, au fost pionierii promovării producţiei de mare serie, a tehnologiilor şi mijloacelor de automatizare a fabricaţiei, ca şi a ştiinţei şi tehnicilor managementului modern, de înaltă eficienţă, înainte şi imediat după al doilea război mondial, astăzi, în promovarea sistemelor flexibile de fabricaţie, pe poziţii de avantgardă se află industria japoneză.

Problemele legate de introducerea sistemelor flexibile de fabricaţie au fost abordate în nr. 1 al TCMM, în articolul tov. I. Crişan (care continuă şi în acest număr) şi în cel al tov. Sandu Aurel. Revista economică a publicat, de asemenea o serie de materiale interesante pe această temă*.

Considerăm utilă, pentru cei interesaţi în această problematică de mare actualitate, prezentarea concluziilor unui studiu comparativ, coordonat de un cercetător american, asupra sistemelor flexibile de fabricaţie implementate în S.U.A. şi Japonia, pe baza materialului prezentat în revista Şcolii de Administraţie Harvard**.

Este vorba de Ramchandran Jaikumar, profesor asociat la Harvard Business School care, din 1984, a condus timp de 3 ani un studiu tematic asupra a 35 sisteme flexibile de fabricaţie (F.M.S. — Flexible Manufacturing Sistems) în S.U.A. şi 60 în Japonia, reprezentînd mai mult de jumătate din sistemele instalate în ambele ţări. Pentru ca datele să poată fi comparabile, studiul a selectat unităţile de producţie, produsele şi tipurile de fabricaţie relativ similare ca dimensiuni, complexitate, timpi necesari de prelucrare a metalului, număr de scule şi grad de precizie în execuţia pieselor; de asemenea, au fost reţinute spre studiu unităţile care aveau în producţie cel puţin două sisteme flexibile de fabricaţie, fiecare sistem incluzînd cel puţin o celulă flexibilă de fabricaţie. Toate aceste condiţii au fost întîlnite în unităţi ale industriei de maşini-unelte din Japonia, ceea ce este grăitor, ţinînd seama de rolul de avantgardă al acestei industrii pentru echiparea şi promovarea progresului tehnic în toate celelalte ramuri de producţie. Totodată, s-a constatat că cele mai multe întreprinderi din această ramură sînt de mici dimensiuni. Din acest punct de vedere, ele s-au dovedit comparabile cu unităţile industriale americane de prelucrare a metalului (mai mult de 3/4 din producţia realizată în S.U.A., în acest domeniu, provenind din unităţi cu mai puţin de 50 muncitori).

---

* vezi: TCMM — Nr. 1/1987 — Ed. Tehnică (I. Crişan — „Sisteme flexibile" — Sandu Aurel — „Tendinţe şi cerinţe actuale în dezvoltarea şi modernizarea industriei de maşini-unelte").

** „Ramchandran Jaikumar — Postindustrial manufacturing" — Harvard Business Review, nr. 6, din nov. — dec. 1986.

Din analiza întreprinsă, autorul trage un veritabil semnal de alarmă în legătură cu slaba eficienţă a modului în care managerii americani utilizează echipamentele de automatizare flexibilă, ceea ce face ca tehnologia de automatizare, în loc să reducă decalajul competiţional cu Japonia, să-l adîncească.*

Cu puţine excepţii — constată autorul — sistemele flexibile de fabricaţie instalate în S.U.A. prezintă o surprinzătoare lipsă de flexibilitate. În multe cazuri, ele prezintă performanţe mai slabe decît tehnologiile convenţionale pe care le înlocuiesc. În legătură cu aceasta, apreciază el, nu este de blamat tehnologia în sine, ci managementul (calitatea conducerii), care creează aceste diferenţe. Comparate cu sistemele japoneze, sistemele flexibile de fabricaţie din S.U.A. produc o mai mică varietate de piese, în raport de 1/10. În plus, ele nu sînt în măsură să funcţioneze fără supraveghere pe parcursul unui schimb — ceea ce realizează cele japoneze — nu sînt integrate în ansamblul activităţii întreprinderii şi sînt mai puţin fiabile. Concluziile studiului, bazate pe compararea celor 35 FMS americane şi a celor 60 japoneze, autorul le sintetizează în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Compararea sistemelor flexibile studiate în S.U.A. şi Japonia

Criterii de comparaţie	S.U.A.	Japonia
Timpul de dezvoltare a sistemelor (ani)	2,5—3	1,25—1,75
Nr. de maşini pe 1 sistem	7	6
Tipuri de piese produse pe un sistem	10	93
Nr. de piese (de un tip) produse într-un an	1 727	258
Nr. de piese produse pe zi	88	120
Nr. de piese noi introduse în fabricaţie într-un an	1	22
Nr. sisteme cu operaţii nesupravegheate	0	18
Rata de utilizare* (în două schimburi)	52%	84%
Timpul mediu de prelucrare a metalului pe zi (în ore)	8,3	20,2

* Raportul dintre timpul efectiv de prelucrare a metalului şi timpul alocat pentru aceasta.

Unele comparaţii

Deşi structura produselor şi tehnologiile de prelucrare erau similare, iar echiparea-echivalentă, sistemele americane cuprinzînd în medie cîte 7 maşini cu comandă numerică, iar cele japoneze — cîte 6, precum se poate vedea din tabelul 1, numărul de piese (subansamble) executate în medie de un FMS din S.U.A. era de 10, în timp ce un FMS japonez executa 93, aproape de 10 ori mai mult. Companiile americane folosesc în mod greşit — după aprecierea autorului — sistemele flexibile — pentru

* Din acest punct de vedere, accentele oarecum alarmiste utilizate de Jaikumar în interpretarea concluziilor studiului său le amintesc pe cele din cartea lui E. Feigenbaum — „A cincea generaţie — sfidarea calculatoarelor japoneze" — cu privire la programul naţional japonez pentru realizarea computerelor de generaţia a V-a (a se vedea Nota de lectură din AMC-44/1985 Ed. Tehnică).

o producţie de mare serie a unei varietăţi mici de produse, în timp ce cele japoneze sînt programate pentru o largă varietate de produse, de serii mai mici, însă cu un preţ de cost scăzut pe unitatea de produs. De aceea, producţia anuală dintr-un anumit sortiment realizată în S.U.A. a fost în medie de 1 727 piese, în timp ce în Japonia — doar de 258 piese. De asemeni, instalaţiile americane nu valorifică posibilităţile FMS de a introduce în fabricaţie noi produse. Pentru fiecare nou produs introdus în fabricaţie de sistemele americane, cele japoneze au introdus 22. Autorul trage de aci concluzia că unităţile americane din industria de prelucrare a metalului, confruntată cu probleme critice de piaţă, şi în care s-au implementat aceste sisteme de fabricaţie, nu folosesc eficient noua tehnologie de prelucrare şi virtuţile FMS, aşa cum o fac cele japoneze.

„Sistemele flexibile de fabricaţie — subliniază autorul — se aseamănă cu fabrici în miniatură. Ele sînt un fel de laboratoare la scară naturală, în care se poate studia fabricaţia computerizată, care devine tot mai mult cîmpul de luptă pentru supremaţia tehnologică pe plan mondial. Lupta este în curs de desfăşurare şi S.U.A. pierd vizibil poziţii. Ele pot pierde chiar războiul, dacă nu găsesc rapid căile de a utiliza mai bine noile tehnologii de automatizare pentru creşterea competitivităţii. Aceasta nu înseamnă a investi pentru mai mult echipament; în condiţiile actuale ale fabricaţiei important este modul în care este folosit echipamentul".

„Instalaţiile FMS prezentate în tabelul 7.1 erau, aşa cum s-a menţionat, asemănătoare din punct de vedere tehnic. Ele erau dotate cu maşini similare şi executau operaţiuni similare. Diferenţele în rezultate decurgeau mai ales, din *funcţionalitatea programată* a echipamentului instalat, din *cultura tehnică* a forţei de muncă şi din *competenţa managerială*. În fiecare din aceste domenii, Japonia se află cu mult înaintea S.U.A.".

Autorul apreciază că, în ultimii cinci ani, Japonia a depăşit S.U.A. în raport de 2 la 1, în domeniul automatizărilor. În acest timp, 55% din maşinile-unelte implementate în Japonia au fost maşini cu comandă numerică (CNC — computer numerically controlled) — elemente cheie ale sistemelor flexibile de fabricaţie. În S.U.A., ponderea acestora era doar de 18%. Din toate maşinile de acest fel implementate pe plan mondial, mai mult de 40% se află în Japonia*.

Dar numai aspectul cantitativ al implementării acestor tehnologii în întreprinderi nu e suficient pentru comparaţie. Întrucît dezvoltarea conceptuală (software) se află în centrul procesului de informatizare crescîndă a fabricaţiei, *instruirea tehnologică a lucrătorilor* companiilor *este primordială*. În întreprinderile japoneze luate în studiu, mai mult de 40% din forţa de muncă era formată din ingineri şi toţi erau bine instruiţi în utilizarea maşinilor cu comandă numerică. În companiile americane studiate, doar 8% din muncitori erau ingineri şi mai puţin de 25% erau instruiţi în utilizarea maşinilor cu comandă program. Instruirea pentru ridicarea calificării era de 3 ori mai îndelungată în Japonia decît în S.U.A.

---

* Autorul consemnează că, în perioada 1977—1984, 23 companii japoneze au construit sisteme flexibile de fabricaţie. Dintre acestea, 6 nu erau întreprinderi de maşini-unelte şi le construiseră pentru nevoi proprii. Celelalte 17 erau întreprinderi de maşini-unelte, 16 construiau sisteme pentru nevoile proprii, 9 construiau şi pentru alte întreprinderi, iar 8 vînduseră mai mult de 2 sisteme. Autorul a vizitat 7 din aceste companii, inclusiv 3 care aveau fabrici complet automatizate, şi a examinat în detaliu modul de funcţionare a 22 sisteme flexibile de fabricaţie.

În comparație cu întreprinderile americane, cele japoneze aveau în medie de 2 1/2 mai multe mașini cu comandă program (CNC), de 4 ori mai mulți ingineri și de 4 ori mai mulți oameni instruiți pentru utilizarea mașinilor CNC.

Rolul managementului

Existența unei forțe de muncă instruite și a unei baze avansate de echipamente instalate sînt esențiale pentru asigurarea rolului conducător în tehnologie. Totuși, *competența managerilor*, apreciază autorul, este decisivă în asigurarea acestui rol. În sprijinul acestei idei, studiul analizează cele două experiențe în implementarea sistemelor flexibile de fabricație.

Un sistem flexibil de fabricație (FMS) este un grup de stații de lucru semi-independente, controlate de calculator și legate de un sistem automat de aprovizionare cu materiale. Scopul unui FMS este de a fabrica eficient mai multe tipuri de produse, de volume mici și medii. Toate activitățile din sistem — prelucrarea metalului, dirijarea schimbării sculelor, mișcarea pieselor de la o mașină la alta, instalarea, controlul, reglarea sculelor, aprovizionarea cu material, programarea și dispecerizarea — se află sub un control precis al computerelor.

Sistemul (FMS) utilizat de un producător proeminent de echipament greu din Vestul Mijlociu (S.U.A.) era compus din 12 mașini, care efectuau 8 subansamble diferite, într-un volum total de 5 000 unități pe an. După punerea în funcțiune a FMS, conducerea i-a prevenit pe muncitori să nu aducă vreo îmbunătățire procesului, avertizîndu-i să nu facă nici o schimbare: „Dacă nu se strică, nu reparați nimic". FMS a ridicat performanțele și productivitatea mașinii, dar el singur nu putea asigura pe deplin toate obiectivele strategice. Tehnologia a fost aplicată într-un mod care a ignorat potențialul său imens pentru flexibilitate și pentru generarea de învățăminte organizaționale. Managementul a tratat FMS ca și cum ar fi fost vorba despre un nou set de mașini destinat să realizeze un volum mare de produse standardizate — adică exact ceea ce el nu este. Prizonieri ai vechiului Taylorism și ai principiilor sale de management științific, acești conducători au separat elaborarea procedurilor de lucru de executarea lor, înlocuind doar vechii mașiniști calificați („gulere-albastre") cu operatori instruiți, accentul punîndu-l pe mașinile perfecționate și pe productivitatea superioară. Pe scurt, au pus în slujba unei producții cu scopuri limitate tehnologia scumpă a FMS, destinată pentru o folosire flexibilă de înaltă eficiență.

Această viziune autorul studiului o consideră greșită. „Desigur, opera lui Frederick W. Taylor este încă valabilă — dar nu în acest cadru. A gestiona un FMS ca și o veche întreprindere Ford de pe Rîul Roșu este mai mult decît greșit; este paralizant. În acest caz, s-a acordat puțină, dacă nu deloc, atenție procesului sau programului de flexibilizare și aproape niciun sprijin îmbunătățirilor conceptuale (software). Managementul nu a reușit să utilizeze capacitățile îmbunătățite ale FMS, din care se pot obține în timp îmbunătățiri și mai mari".

Nu e surprinzător că flexibilitatea obținută de acest FMS a fost mai mică decît cea a unui centru individual de prelucrare cu comandă numerică (CNC). Sistemul avea patru operatori pe schimb, fiecare fiind responsabil — unul de măsurători, altul de schimbarea fluidului hidraulic sau a pieselor de scule — spre ex. burghie de găurit, sau pentru a face simple diagnoze, în cazul unor defecțiuni. Aceste sarcini, după cum menționa managerul erau strict de rutină, niciun operator neavînd dreptul să efectueze vreo modificare a operațiunilor de lucru. Complexitatea FMS îi obligă pe operatori să se subordoneze mult mai rigid procedurilor decît erau obligați să o facă la centrele de prelucrare cu comandă numerică.

Care trebuie deci să fie optica managerilor față de sistemele flexibile de fabricație? Ce probleme trebuie să-și pună? În primul rînd, în opinia autorului, timpul de implementare. În S.U.A. implementarea unui FMS, presupune 2 1/2—3 ani și cca 25 000 ore-om pentru concepție, dezvoltare, instalare și punere în funcțiune. Sistemele japoneze presupun 1 1/2—1 3/4 ani și 6 000 ore-om. Și aci, diferența provine din management. Grupurile de proiectare americane sînt de regulă mari, compuse din specialiști care proiectează sisteme pentru un nivel mult mai înalt de flexibilitate decît sînt pregătite companiile să utilizeze. Această complexitate amplificată înseamnă nu doar timp suplimentar pentru proiectare, ci și mai multe defecțiuni posibile în final. Întîrzierea creează — în același timp — o presiune enormă asupra inginerilor de soft-ware, care trebuie să elaboreze în timp mai scurt programele în vederea utilizării structurilor hard. La terminarea proiectului, de regulă, grupa de proiectare este destrămată. Inginerii desemnați să mențină sistemul, care de regulă nu sînt dintre proiectanți, sînt reticenți în a face vreo schimbare. Ei cunosc toate defecțiunile, dar nu doresc să se atingă de probleme, pentru că „nu se știe niciodată ce se poate întîmpla". Rezultatul: inflexibilitate.

În contrast, instalațiile FMS din Japonia sînt deosebit de flexibile. Aceasta nu ar fi atît de supărător pentru S.U.A. dacă productivitatea de tip vechi a sistemelor sale, pentru care s-a sacrificat flexibilitatea, ar fi superioară sistemelor japoneze. Dar nu e cazul. Rata medie de utilizare (timpul de prelucrare a metalului din timpul total de lucru al mașinii) a sistemelor flexibile de fabricație americane de-a lungul a două schimburi era de 52% față de 84% la cele japoneze. Pe trei schimburi, datorită operațiilor sigure nesupravegheate, rezultatele sistemelor japoneze sînt și mai înalte.

De unde această diferență colosală? Într-un cuvînt, ea provine din fiabilitatea proiectată a sistemului. În Japonia, proiectanții de sistem se străduiesc să creeze operațiuni care se pot derula fără supraveghere. Din 60 FMS luate în studiu, 18 funcționau fără supraveghere în cursul schimbului de noapte. Asemenea sisteme presupun timp și resurse suplimentare în faza de concepție, față de cele cu supraveghere, chiar și de către un singur lucrător, pentru că proiectantul trebuie să anticipeze toate evenimentele posibile. Dar, costurile adiționale sînt pe deplin rentabile. O asemenea concepție de proiectare conduce în practică spre o abordare inovativă și o perfecționare continuă a proceselor de execuție. Întreaga grupă de proiectare rămîne legată de sistem, mult timp după implementare, făcînd schimbări continui. Are loc un proces de autoinstruire — și aceasta se traduce în sporirea calificării și a productivității. Această autoinstruire stă la baza susținerii și creșterii competitivității.

Scanned with OKEN Scanner

Cele mai multe din sistemele construite în Japonia după 1982 au atins un grad înalt de modernizare, incluzînd operațiuni fără supraveghere în proporție de 90—99%; *operatorii din secții* fac continuu modificări în programe și sînt responsabili pentru elaborarea de noi programe, atît parțiale cît și pentru întregul sistem. Ei *sînt ingineri cu înaltă calificare și cu responsabilități multifuncționale*. Ca și proiectanții, ei lucrează de regulă în grupuri mici. Cel mai important este faptul că managerii consideră tehnologia FMS din punctul de vedere al principalei ei virtuți — flexibilitatea — și stabilesc obiective de lucru și protocoale care să pună în valoare tocmai această virtute. Nelimitați de premizele depășite ale producției de masă, ei înțeleg avantajele fabricației flexibile în automatizarea unui întreg atelier, și nu doar ca o simplă transformare (flexibilizare) a unei linii de montaj.

Sistemele flexibile de fabricație (FMS) în funcțiune

În tabelul 7.2 autorul prezintă sinteza analizei celor 20 instalații FMS de la firmele Hitachi-Seiki, Yamazaki Mazak, Okuma, Murata, Mori-Seiki, Makino și Fanuc. Așa cum se vede, aceste sisteme au depășit de departe performanțele echipamentelor convenționale CNC pe care le-au înlocuit.

Tabelul 7.2

Compararea FMS japoneze cu sistemele pe care le-au înlocuit

Criterii de comparație	FMS	Sistem convențional
Număr de piese (subansamble) produse pe un sistem*	182	182
Număr de sisteme cu operațiuni nesupravegheate	18	0
Număr de mașini-unelte	133	253
Număr de operatori (pe 3 schimburi)	129	601
Rata de utilizare (pe 2 schimburi)	84%**	61%

* Pentru comparare, s-a considerat constant nr. de piese produse de fiecare sistem.

** Pentru 3 schimburi, procentul ar fi de 92%.

Ambele sisteme (convențional și FMS) produc aceiași varietate de piese (subansamble). Dar, FMS o fac cu de cinci ori mai puțini muncitori decît sistemele convenționale. Mai mult, se utilizează de două ori mai puține mașini flexibile pentru a produce acelaşi volum de subansamble față de mașinile convenționale. Mașinile CNC utilizate în ambele sisteme erau identice însă FMS foloseau, de asemeni, roboți, echipamente speciale de alimentare cu materiale, sisteme de depozitare automată și echipament de alimentare cu scule. Această dotare a însemnat costuri suplimentare de 30%, însă ele au însemnat sporirea modernizării de la 61% la 92% și a făcut posibilă realizarea de operațiuni nesupravegheate de om. Singure aceste performanțe justifică pe deplin costurile suplimentare; dar ele au avut în plus, ca efect, o mai bună calitate și un inventar mai redus.

Utilizatorii potențiali ai FMS deseori se tem că sistemele flexibile greu pot fi justificate din punct de vedere strict economic. Pe baza experienței companiilor japoneze, aceste temeri sînt fără temei. Toate cele 20 sisteme studiate în Japonia s-au amortizat în decurs de trei ani.

Dar, impactul fabricației flexibile asupra performanțelor unei companii nu se rezumă doar la rata productivității și la investiții. FMS capătă o importanță strategică, cînd echiparea cu sisteme flexibile atinge într-o fabrică masa critică; numai atunci cînd „insulele de automatizare“ dintr-o întreprindere încep să se conecteze, conducerea ei realizează avantajele noilor sisteme pe planul competitivității în domeniul fabricației. Din șase companii japoneze care folosesc în mod extensiv automatizarea flexibilă, trei dispun de fabrici complet automatizate.

Tabelul 7.3

Performanțele unei fabrici, înainte și după automatizare

		Înainte	După
	Tipuri de piese produse pe lună*	543	543
	Număr de piese produse pe lună*	11 120	11 120
	Suprafață de producție necesară	16 500 m^2	6 600 m^2
Echipamente pe sistem	Mașini-unelte CNC	66	38
	Mașini-unelte universale	24	5
	Total	90	43
Personal pe sistem (trei schimburi)	Operatori	170	36
	Muncitori pentru livrări și controlul producției	25	3
	Total	195	39
Timpul mediu de execuție pe o piesă** (zile)	Timp prelucrare pe mașini	35	3
	Asamblare parțială (unități)	14	7
	Asamblare finală	42	20
	Total	91	30

* Pentru comparare, aceste cifre au fost considerate constante.

** Include și timpul de așteptare.

În tabelul 7.3 se compară performanțele unei asemenea întreprinderi, înainte și după introducerea automatizării flexibile totale, iar în tabelul 7.4 se compară forța de muncă necesară în diferite sisteme de fabricație pentru operațiile de prelucrare a metalului: dacă într-o întreprindere japoneză convențională sînt necesari 100 oameni pentru realizarea unui număr dat de subansamble, într-o întreprindere convențională americană vor fi necesari 194 oameni, dar într-o întreprindere japoneză echipată cu FMS — doar 43. Dacă companiile americane ar folosi automatizarea fle-

Scanned with OKEN Scanner

xibilă, aşa cum o fac cele japoneze, ele ar putea creşte de 4 ori productivitatea muncii.

Tabelul 7.4

Forța de muncă necesară pentru prelucrarea metalului pentru realizarea aceluiaşi număr de piese identice

	Sisteme convenţionale		FMS
	S.U.A.	Japonia	Japonia
Elaborare inginerească	34	18	16
Manoperă de înaltă calificare	64	22	5
Uzinare	52	28	6
Asamblare	44	32	16
Nr. total de muncitori	194	100	43

Notă: Nu există coloană cu FMS în S.U.A., deoarece, la vremea întocmirii studiului, nu exista în S.U.A. nici o întreprindere de maşini-unelte cu FMS în funcţiune.

Probabil şi mai interesante decît aceste îmbunătăţiri la nivel global, sînt cele parţiale. Cea mai mare reducere a forţei de muncă, ilustrată în tabel, se referă la manopera de înaltă calificare, unde FMS reduce numărul de muncitori de la 64 la 5. În activităţile inginereşti, un FMS reduce numărul de lucrători de la 43 la 16. O consecinţă a acestor reduceri (92% dintre muncitorii calificaţi şi doar 53% dintre ingineri) este *schimbarea compoziţiei forţei de muncă:* numărul de ingineri devine de 3 ori mai mare decît al muncitorilor din producţie. Aceasta poate să nu fie suficient pentru început, dar ea semnalează o *schimbare fundamentală în mediul industrial. Automatizarea flexibilă deplasează arena competiţiei din domeniul execuţiei în cel al ingineriei, din domeniul conducerii curente în cel al proiectării şi planificării.* În condiţiile FMS, inovarea inginerească şi productivitatea inginerească reprezintă cheile succesului. *Ingineria capătă funcţia de detaşament de primă linie.* Execuţia capătă, prin comparaţie, o funcţie de auxiliar sau de sprijin.

Conducerea avansată

Dacă două întreprinderi complet automatizate, capabile să realizeze o gamă largă de piese în condiţii de largă flexibilitate, concurează cu produse similare pe piaţă, competiţia se va concentra asupra preţurilor. Întrucît, însă, toate cheltuielile pentru implementarea uneltelor, echipamentelor accesorii şi programelor au fost realizate încă înainte ca primul produs să fie livrat, singurele costuri variabile sînt cele cu materialele şi energia care, de regulă, reprezintă mai puţin de 10% din total. Orice profit înregistrat de o întreprindere se erodează în timp, pe măsură ce alte companii realizează aceleaşi performanţe productive. Atunci, cum va putea o companie să se menţină în frunte? O cale este dotarea cu

echipamente performante, mai bine programate și o mai bună gestionare a lor. Însă, competitivitatea fiecărei întreprinderi va depinde în cea mai mare măsură de abilitatea sa de a realiza performanțe superioare mai rapid decît concurenții, iar aceasta ține de capacitatea de creație, de activitatea de concepție din întreprinderi. Cînd cea mai mare parte a costurilor s-a efectuat încă înainte de începerea producției, *crearea și gestionarea produselor intelectuale devine prima sarcină a managementului.*

Acesta este noul mediu competitiv al fabricației. Aceasta poate apărea ca ceva ținînd de un viitor îndepărtat, dar japonezii o practică acum. Variabila crucială a acestui tip de mediu este automatizarea — abilitatea FMS de a funcționa nesupravegheat. Și companiile prelucrătoare japoneze devin din ce în ce mai mult experte în acest domeniu.

Tabelul 7.5

Gradul de automatizare a activităților productive pe 20 FMS japoneze
(în nr. de sisteme)

Operațiuni / Grad de automatizare	Operații de prelucrare a metalului	Apr. cu mat.		Montare		Control proces*	Control producție		Gestiune Inventar	
		Piese	Scule	Piese	Scule		Plan	Livrare	Piese	Scule
Manual	—	—	—	16	13	—	4	—	—	—
Manual asistat de calculator	—	—	—	2	—	—	5	—	—	—
Automat, cu asistență manuală	2	—	—	—	2	—	10	—	—	15
Fără supraveghere**	18	20	20	2	5	20	1	20	20	5
Total	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

* monitoring scule, inspecție și feedback
** calificativul „fără supraveghere" se referă la sisteme care funcționează fără asistență manuală, un schimb pe zi, și au o rată de utilizare de 98%.

În tabelul 7.5 se prezintă sintetic structura proceselor automatizate la 20 sisteme flexibile (FMS) japoneze iar în tabelul 7.6 se prezintă, la aceleași 20 sisteme, ponderea timpului de lucru manual necesar în secțiile de fabricație, pentru a menține acest nivel de automatizare. Pierderile medii pe sistem reprezintă 16,6% din timpul total de lucru, circa o treime din cel necesar în sistemele americane. La fiecare 144 ore de prelucrare a metalului sînt necesare 26 ore de efort manual, care includ muncă directă ca și alte activități necesare, asociate de regulă cu manoperă calificată. În S.U.A. activitățile de manoperă calificată sînt separate de munca directă și sînt de 10 ori mai mari.

În cele mai multe întreprinderi, 26 ore de efort manual reprezintă munca a 2 muncitori pe sistem pentru fiecare din cele două schimburi. În toate cele 20 FMS, totuși, mai există o a treia persoană, a cărei muncă intră tot în contul celor 26 ore de efort manual. Distribuind munca între acești trei oameni, companiile care dispuneau de aceste sisteme inten-

Scanned with OKEN Scanner

ționat au creat un timp suplimentar pentru asemenea activități, legate de ameliorarea proceselor, ca luarea de teste adiționale pentru noile subansamble, observarea comportării mașinilor, examinarea statistică a performanțelor. Numărul de persoane necesare să facă toate aceste operațiuni într-un sistem convențional, realizînd aceleași subansamble, în aceleași companii, era de patru ori mai mare.

Tabelul 7.6

Activități de producție într-un FMS mijlociu din Japonia*

	Operații de prelucrare a metalului	Aprovizionare cu materiale		Montaj.		Control proces	Control producție		Gestiune inventar		Total
		Piese	Scule	Piese	Scule		Plan	Livrare	Piese	Scule	
Pierderi medii pe sistem (în % din timp total)	1,6%	5%	—	—	5%	2%	—	3%	—	—	16,6% **
Timp de lucru manual pe sistem (ore)	2	—	—	11	7	3	2,5	5	—	—	26

* Un FMS mijlociu în Japonia are 6 mașini, realizînd un total de 144 ore de prelucrare metal pe zi.

** Această cifră ar implica o rată de utilizare a capacității sistemului pe trei schimburi de 83,4% și nu 92% cum rezultă din tabelul 2. Nu e nici o contradicție; cifrele nu corespund, pentru că problemele din unele sectoare — ca aprovizionarea cu material — cauzează pierderi de timp în sistem, care nu rezultă din timpul programat al mașinii.

Distribuirea celor 26 ore de efort manual este, de asemeni, instructivă. Mai mult de jumătate era utilizat pentru încărcarea și descărcarea paletelor. Altă activitate majoră, care lua 7 ore, era montarea sculelor pe mașini. Împreună, aceste activități reprezentau 80% din timpul necesar de muncă manuală. Muncitorii încărcau paletele și montau sculele în timpul schimbului de zi, mașinile lucrînd noaptea nesupravegheate. Planificarea producției, activitate săptămînală, lua doar o oră din timpul unei persoane. Sistemele executînd o varietate mare de piese dispuneau, de asemenea, de mijloace automate de planificare a producției. La cele cu o mai mică varietate de piese aceasta se execută manual.

Instalațiile FMS se comportau excepțional. Performanțele de livrare în fiecare sistem, urmărite timp de 3 ani, au fost 100%. Înalta fiabilitate a fiecărei mașini ca și a sistemului în ansamblu menținea variațiile de timp neprevăzut în limite de doar 2%. Întreruperile programate pentru testări de software și experimentări de proces se încadrau în 4—9% din capacitate și erau mai mult decît suficiente pentru a încadra orice variație în fiabilitatea mașinii. Fiecare sistem avea graficul său de producție, care trebuia să țină seama de constrîngerile de capacitate. În plus, doar 6 piese dintr-o mie prezentau probleme de calitate. Din acestea, trei se remediau, de regulă, de către operatori. Alte trei erau rebutate. Cele mai multe din aceste probleme de calitate erau datorate ruperii sculelor și operatorii de la mașini puteau face ajustările necesare.

Scanned with OKEN Scanner

Cu asemenea nivele impresionante de performanţe, apăreau puţine evenimente care să necesite atenţia conducerii. În fapt, *conducătorii companiilor erau de regulă absenţi din activitatea operativă*. În loc să se implice în activitatea internă, ei îşi concentrau atenţia asupra problemelor legate de presiunea concurenţei asupra performanţelor produselor. În S.U.A., pe de altă parte, *conducătorii pierd* atît de *mult timp cu probleme de rutină*, legate de calitate şi respectarea graficelor de livrare a produselor, *încît nu le mai rămîne timp suficient pentru problemele de perspectivă*, de îmbunătăţire a activităţii.

În concluzie, *noul rol al conducerii (managementului) în industria prelucrătoare este de a forma şi educa echipe de proiectanţi a căror capacitate intelectuală să se fructifice în creşterea competitivităţii. Ceea ce trebuie să producă managementul este capitalul intelectual, nu echipamente.*

Tehnologia fabricării flexibile a împins managerii (conducătorii producţiei) într-un cadru radical schimbat de competiţie. Acest nou cadru are cîteva trăsături importante:

- O concentrare accentuată asupra producţiei intelectuale, ca bază a competitivităţii întreprinderilor;
- O selectare mai atentă a proiectelor pe care unitatea urmează să le implementeze.
- O atenţie deosebită faţă de piaţă şi faţă de competenţa specială a inginerilor de proces.
- O combinare adecvată a produselor pentru a menţine utilizarea completă a capacităţilor.
- O atenţie specială acordată reducerii costurilor fixe de fabricaţie şi a timpului necesar pentru crearea de noi produse, procese şi programe.

În centrul acestui nou cadru se află managementul proiectelor de fabricaţie: selecţia acestora, crearea echipelor de lucru pentru implementarea lor şi conducerea procesului de dezvoltare intelectuală a lucrătorilor. În Japonia, toate companiile au demonstrat că *inginerii de sistem*, cu o solidă pregătire în cîteva discipline, *constituie cheia succesului sistemelor flexibile de fabricaţie*. O companie japoneză organizată rigid, recunoscînd importanţa unor asemenea echipe mobile, acum efectuează rotirea inginerilor cu experienţă prin toate secţiile de fabricaţie. O alta, care deja a efectuat rotaţia cadrelor, a început să reţină mai mult timp inginerii în fiecare sector, pentru ca ei să poată învăţa mai mult din experienţa sistemelor lor flexibile.

În contrast cu abordarea tradiţională japoneză a implicării unui număr mare de oameni în elaborarea deciziilor, grupurile mici de oameni cu pregătire inginerească, de înaltă competenţă, s-au dovedit mai eficiente în fabricaţie flexibilă. Aceste grupuri au reuşit, pentru că au fost investite cu răspunderi, atît în faza de proiectare cît şi în cea de punere în funcţiune şi de exploatare. Ei rămîn să lucreze la implementarea proiectelor pînă ce FMS ating 90% din performanţe şi reuşesc să funcţioneze fără supraveghere. Poate cel mai important, din cele constatate la companiile japoneze studiate, este faptul că echipele care exploatează FMS sînt formate integral din ingineri şi că lor li se acordă întreaga responsabilitate pentru activitatea de zi cu zi.

O nouă platformă

Promovarea tehnologiilor FMS are loc în medii diferite de fabricație și aceasta impune noi imperative, pe care autorul ține să le sublinieze:

Constituirea de echipe mici, coezive. Grupuri foarte mici de specialiști generaliști, cu înaltă calificare, dovedesc o remarcabilă capacitate de reușită.

Susținerea activității de îmbunătățire a proceselor de fabricație, nu doar a produselor. Tehnologia FMS modifică fundamental economia producției prin reducerea spectaculoasă a părții variabile din costurile de producție. Cînd aceste costuri sînt mici, puțin poate fi cîștigat prin reducerea lor ulterioară. Decisivă devine capacitatea de a promova creația intelectuală, nu atît producția curentă de bunuri. Iar, aceasta depinde de o judicioasă alegere a proiectelor care dezvoltă valorile intelectuale și fizice, lucru mai important decît dirijarea costurilor operațiunilor curente. Efortul de fabricație de tip vechi, constînd din „sudoarea frunții" este acum mai puțin important decît proiectarea de sistem și organizarea de grup.

Lărgirea rolului managementului ingineresc, cu includerea fabricației. Folosirea unor echipe mici, competente tehnologic pentru proiectarea, conducerea și îmbunătățirea operațiunilor FMS consemnează deplasarea atenției de la conducerea oamenilor, la gestionarea și utilizarea cunoștințelor, de la controlul costurilor variabile la controlul costurilor fixe, și de la planificarea producției, la selectarea proiectelor. Această deplasare determină creșterea responsabilității și rolului activității inginerești, rol care, timp îndelungat, a fost domeniul prioritar al activității de execuție.

Considerarea fabricației ca un serviciu. Într-un cadru de FMS fără supraveghere, toate sculele și programele software necesare producerii unei piese trebuie create înaintea producerii primului exemplar. Deși același lucru este valabil și pentru fabricația obișnuită de piese și ansambluri, diferența constă în faptul că într-un FMS nu mai sînt posibile ajustări pe parcurs, prin intervenție umană. Ca rezultat, succesul competitiv depinde tot mai mult de abilitatea managementului de a anticipa și a răspunde rapid cererilor schimbătoare ale pieții. Prin tehnologia FMS, chiar și operațiuni mici, specializate pot fi adaptate la schimbările cererii. Fabricația seamănă acum mai mult cu un serviciu industrial profesional, care-și adaptează ofertele la preferințele unui segment special al pieții.

Cu ajutorul flexibilității și al adaptabilității, misiunea fabricației se schimbă radical, față de viziunea lui Taylor, care a orientat gîndirea asupra fabricației timp de 75 de ani. Tehnologia FMS împinge inevitabil spre un nou etos managerial — un etos consacrat producerii de cunoștințe în serviciul flexibil al pieții și nu atît al producerii de bunuri. Dimensiunile producției nu mai reprezintă problema centrală. Mărimea nu mai constituie o condiție a succesului. Scara minimă a eficienței pentru operațiunile FMS este o celulă compusă din șase mașini și mai puțin de jumătate de duzină de oameni. Aceasta este noua realitate.

A merge pe calea operațiunilor bazate pe sisteme flexibile de fabricație nu necesită sume mari de bani sau oameni. Aceasta se poate realiza pe scară mică. Ingredientul critic pentru aceasta nu e altceva decît *competența unui grup restrîns de oameni.* „Nu există nici un mister

Scanned with OKEN Scanner

oriental în aceasta, nici un secret știut doar de japonezi. Și noi o putem face, dacă dorim".

„După toate acestea, ce este o fabrică? Astăzi, niciun artist nu va mai reprezenta o fabrică ca o clădire uriașă, austeră, dotată cu un coș de fum. Balaurul a dispărut. O fabrică eficientă este acum un agregat de celule mici de FMS legate și conduse electronic. Noile tehnologii permit acestor celule operaționale să fie combinate în mod nelinear. Zilele sistemului productiv imens, linear, al lui Taylor au trecut de mult".

Și, în final, autorul încheie cu următoarea frază — avertisment: „Sistemele flexibile de fabricație nu mai sînt o teorie, un vis. Ele există. Și influența lor asupra îmbunătățirii continue a proceselor de fabricație este imensă. A automatiza munca înseamnă un nivel nou de conducere a proceselor de fabricație. Un număr mare de fabrici japoneze demonstrează această realitate zi de zi. Ei conduc procesul, noi încă batem pasul pe loc, pe propriul nostru risc".

*

* *

Dincolo de accentele dramatice cu care autorul studiului își formulează concluziile, în vederea sensibilizării managerilor americani, studiul în sine este interesant și instructiv, prin prezentarea uneia din tehnologiile de vîrf care își croiește drum cu rapiditate, în zilele noastre, cît și prin evidențierea cîtorva trăsături fundamentale ale procesului care are loc în promovarea acestei tehnologii, implicațiile acesteia asupra organizării producției și a muncii, asupra conceptului de conducere a activității tehnologice și economice, a raporturilor dintre noile tehnologii și indicatorii economici ai fabricației. Ridicarea nivelului de pregătire a personalului de execuție, concomitent cu creșterea răspunderii și inițiativei acestuia pe de o parte — creșterea competenței și a mobilității în gîndire și a flexibilității în acțiune a conducătorilor — pe de altă parte, devin astăzi mai mult ca oricînd, imperative, condiții esențiale pentru asigurarea competitivității propriei producții, ca și pentru progresul tehnologic și economico-social în ansamblu.

În contextul preocupărilor actuale pentru promovarea activă a progresului tehnic în întreaga economie națională și al acțiunilor practice întreprinse pentru modernizarea industriei și în special a unităților constructoare de mașini, chemate să asigure dotarea modernă a întregii industrii și a celorlalte ramuri ale economiei — asemenea analize și dezbateri în jurul unor probleme de stringentă actualitate și evidențierea unor tendințe care se profilează în practica mondială de dezvoltare tehnologică sînt instructive și pline de învățăminte. Aceasta și este rațiunea acestor note de lectură.

8
Modulе tipizate pentru prelucrarea flexibilă a familiilor de piese fabricate în serie mică și mijlocie

Ing. Florea Cioc

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini-Unelte

1. Generalități

În țările industrializate ale lumii, producția de bunuri materiale se diversifică și se individualizează din ce în ce mai mult. Chiar și pentru produsele de tradiție ca automobile, tractoare, motoare, bunuri de larg consum etc., care se fabricau pînă nu demult în serii mari sau de masă, se constată o îndepărtare de modelul de producție a unui singur fel de produse și orientarea spre o varietate de produse. Această diversificare face să se treacă de la serii mari de fabricație, la serii mijlocii sau mici. Pe de altă parte cerințele de produse pentru multe sectoare de producție, chiar și fără o diversificare prea mare în cadrul familiilor proprii, se situează în domeniul seriilor mici sau mijlocii, ponderea acestora reprezentînd circa 70—80% din totalul producției moderne.

O altă constatare este aceea că durata de uzură morală a produselor s-a scurtat considerabil și, din această cauză, chiar și pentru cele de serie mică sau mijlocie, nu se pot prezenta programe stabile de fabricație pe un timp prea îndelungat.

Acești factori au condus și continuă să dea curs în următoarea perioadă la o diversificare a produselor cu o durată medie de viață relativ scurtă, ceea ce determină pe producători să realizeze utilaje și echipamente care, la nevoie, să se adapteze ușor la sarcinile noi și variate ale pieței. Calea economică de rezolvare și de răspuns cu promptitudine la astfel de cerințe o constituie dezvoltarea și implementarea celulelor și sistemelor flexibile de prelucrare. Rămînînd însă în domeniul utilajelor care se realizează la temă, fiecare celulă, linie tehnologică sau sistem flexibil de prelucrare are o structură organologică proprie, un grad de flexibilitate și o capacitate de producție determinată, astfel că, dacă din punct de vedere al productivității, al gradului de automatizare și al preciziei de prelucrare se situează la un nivel superior celorlalte categorii de utilaje de prelucrare prin așchiere, din punct de vedere al investițiilor

inițiale, acestea sînt sensibil influențate, în principal, de gradul de flexibilitate și de diversitatea componentelor care intră în sistem.

Pornind de la cerințele de reducere a costurilor de fabricație și urmărind creșterea tehnologicității și a fiabilității în construcția și exploatarea sistemelor flexibile de prelucrare, se propune crearea unui sistem de modularizare și tipizare a subansamblelor componente, astfel încît prin combinarea lor să permită ușor obținerea unor variante constructive economice.

Existența unor module funcționale tipizate, pentru operații de așchiere, precum și pentru alte funcții auxiliare din cadrul sistemelor flexibile de producție, care să aibă forme, funcții și mărimi stabilite, ușurează și scurtează considerabil timpul de fabricație și, ca urmare, timpul de răspuns față de cerințele beneficiarilor.

Consecințele pozitive ale activității de tipizare se întîlnesc în toate fazele circuitului economic de realizare a elementelor tipizate; concepție-proiectare, pregătirea fabricației, aprovizionare, producție, livrare, exploatare, întreținere și reparații. Principalele surse care generează eficiența economică în procesul de tipizare sînt: reducerea nomenclaturii produselor de bază care permit mărirea seriilor de fabricație și economisirea costurilor aferente, prin cicluri de fabricație mai scurte, o creștere a calității și fiabilității produselor printr-o tehnologie de serie, cu toate fazele de cercetare-omologare însușite. Pe de altă parte interșanjabilitatea funcțională și dimensională a elementelor, face ca întreținerea să fie mai economicoasă, iar în caz de schimbare a destinației mașinii, elementele componente să fie refolosite.

Reducerea cheltuielilor de fabricație prin tipizare este consecința aplicării unei sume de factori cu pondere mare în activitatea productivă, care permite ca pe baza creșterii seriei de fabricație să se ajungă la raționalizări palpabile ca: reducerea consumului de manoperă, aplicarea unor mijloace de mecanizare și automatizare a proceselor de lucru, crearea unor condiții pentru specializarea întreprinderilor și secțiilor, mărirea productivității muncii prin creșterea dexterității muncitorilor.

Cît privesc cheltuielile pentru reparația și întreținerea mașinilor în care sînt incluse elemente tipizate, acestea scad invers proporțional cu creșterea gradului de tipizare. Într-adevăr prin folosirea în structura mașinilor a unor subansambluri sau piese tipizate cu posibilități de înlocuire reciprocă, se îmbunătățește calitatea reparațiilor și se reduce durata de execuție, ceea ce permite reintrarea mai rapidă a utilajelor în circuitul economic.

2. Particularități cinematice și constructive la elementele și unitățile de lucru cu comanda numerică

În concepția modulară a sistemelor flexibile de prelucrare și a liniilor tehnologice complexe, ansamblurile componente au funcții cinematice și organologice distincte. Numai prin combinarea lor pot rezulta structuri de mașini, care să satisfacă anumite cerințe tehnologice de prelucrare sau alte funcții auxiliare.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru lărgirea și îmbunătățirea posibilităților de prelucrare, atît sub aspectul cinematic, privind obținerea unor traiectorii, forme de suprafețe sau poziționări ale organelor mobile, cît și al facilităților de adaptare rapidă și comandă la regimurile de lucru elementele și unitățile de lucru tipizate, în noua concepție modulară, joacă un rol deosebit.

Particularitățile cărora trebuie să li se acorde o atenție deosebită se referă în special la lanțurile cinematice principale și de avans, modul de acționare și comandă, ghidajele pe care se deplasează elementele mobile, precum și la organologia specifică, necesară asigurării preciziei, rigidității și fiabilității întregului ansamblu de mașină.

Privite din punct de vedere al structurii lanțurilor cinematice, elementele și unitățile de lucru tipizate, cu comandă numerică, sînt mult simplificate, datorită posibilităților largi pe care le are, pe de o parte echipamentul electric de acționare, iar pe de alta aparatura și echipamentul de comandă și automatizare.

În cazul mașinilor cu comandă numerică, o aceeași unitate de lucru poate realiza, prin schimbarea automată a sculelor, mai multe procedee de prelucrare (găurire, strunjire, frezare, alezare etc.). Pentru a lucra cu regimurile optime de așchiere, cerință impusă de procedeul sau operația care se execută la un moment dat, lanțurile cinematice generatoare trebuie să poată acoperi o gamă de turații cît mai largă și uneori continuu reglabilă. Pe de altă parte se urmărește asigurarea unei silențiozități deosebite a transmisiei, iar trecerile dintr-un regim de lucru în altul să se facă în timpi cît mai scurți. Astfel locul cutiilor de viteze sau de avansuri, cu mai multe trepte de turații, realizate prin roți dințate baladoare sau roți de schimb, folosite la mașinile-unelte clasice, sînt preluate de lanțuri cinematice scurte, alcătuite de cele mai multe ori din motoare electrice, cu rapoarte mari de reglare a turației și transmisii prin curele dințate, curele poli-v sau curele late. Lanțurile cinematice astfel obținute au și un grad de precizie mult mai ridicată, o fiabilitate crescută și nu constituie surse de căldură sau de vibrații, care să fie transmise celorlalte organe.

3. Realizările ICSITMU în concepția elementelor și unităților de lucru NC

Avînd în vedere experiența și avantajele economice cunoscute la sistema de elemente tipizate pentru mașini-unelte agregat și linii automate cu transfer rigid, subsistema de elemente și module tipizate *NC* pentru celule, linii tehnologice și sisteme flexibile de prelucrare, va fi dezvoltată pe baza acelorași principii de tipizare, respectînd gamele de tipodimensiuni și cote de legătură, prevăzute de altfel în normele și standardele internaționale.

Noile elemente tipizate *NC* se pot combina atît între ele cît și cu elemente tipizate convenționale existente, formînd unități sau module de lucru, care pot fi integrate, în mașini-unelte agregat și linii tehnologice *NC*, precum și în celule și sisteme flexibile pentru prelucrarea pieselor prismatice.

Pornind de la sistema de elemente tipizate convenţionale, iar pe de altă parte avînd în vedere cererile curente de unităţi şi module în noua concepţie, se propune pentru prima etapă ca subsistema de elemente tipizate *NC* să fie formată din următoarele elemente:

— sănii de avans poziţionare — *SAP-NC*;
— sănii de avans şi poziţionare în cruce — *SAPC-NC*;
— montanţi cu sanie monobloc — *MSM-NC*;
— mese rotative indexabile orizontale *MRIII-NC*;
— mese rotative indexabile verticale *MRIV-NC*;
— capete de forţă pentru capete multiax — *CFCM-NC*;
— capete de forţă pentru strunjire şi frezare — *CFSF-NC*;
— mese de poziţionare şi rotaţie — *MPR-NC*;
— mese liniare de poziţionare — *MLP-NC*;
— mese de rotaţie combinate — *MRC-NC*;
— unităţi revolver pentru capete multiax — *URCM-NC*;
— unităţi de lucru orizontale cu *NC* pe 2—3 axe — *ULH 2.3 — NC*.

În tabelul 8.1 este prezentată subsistema de elemente tipizate *NC* pentru celule şi sisteme flexibile.

În cele ce urmează se descriu cîteva dintre elementele şi unităţile tipizate cu *NC* reprezentative.

Săniile de avans şi poziţionare — *SAP-NC*, din punct de vedere funcţional, realizează mişcarea de avans şi poziţionare după o axă, formînd împreună cu alte elemente unităţi de lucru, sau pot fi utilizate ca mese purtătoare de dispozitive port-piese.

Soluţiile noi adoptate în construcţia săniilor de avans şi poziţionare permit să se realizeze un optim între precizie, durabilitate şi rigiditate. Acestea constau dintr-o structură de bază clasică la care s-au adoptat o serie de elemente noi (fig. 8.1).

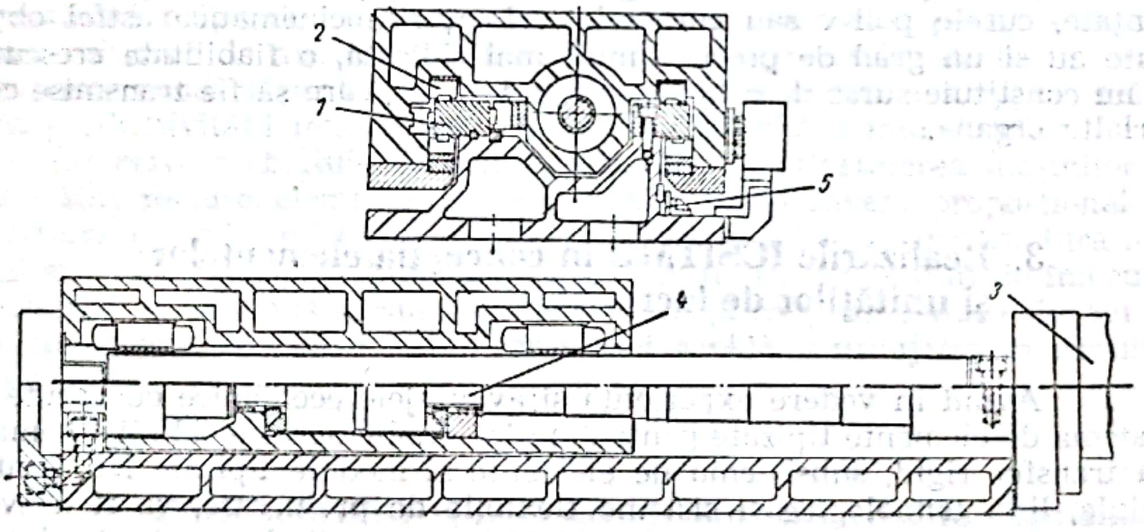
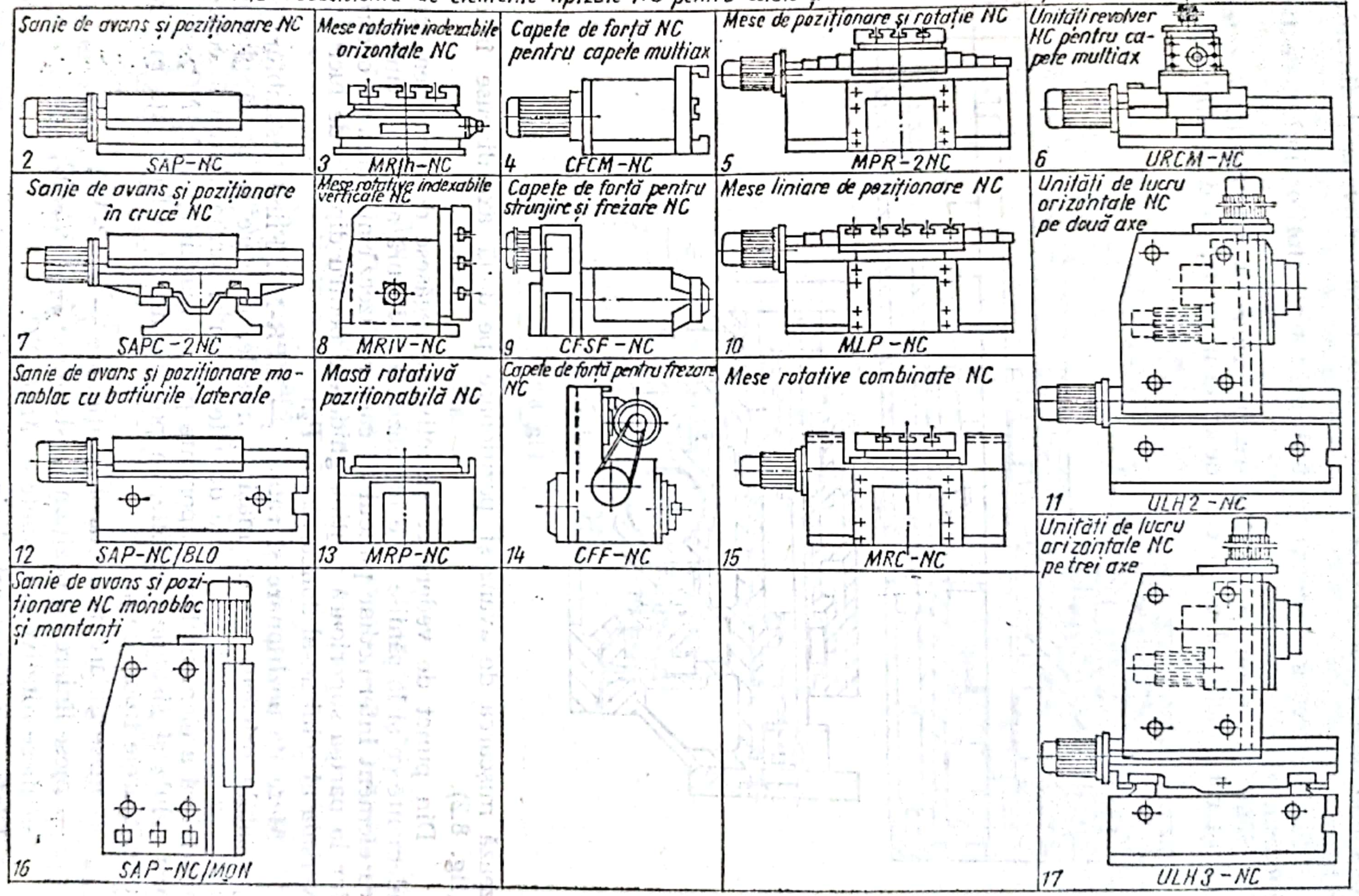


Fig. 8.1

Ghidajele *1* sînt de tipul cu elemente intermediare de rostogolire *2*, cu reglare, care conferă o precizie de durată şi o bună rigiditate.

Acţionarea se face cu motoare de curent continuu *3*, cu posibilitatea de a fi înlocuite cu motoare de curent alternativ fără perii. Dimensionarea şi caracteristicile motorului de acţionare permit realizarea unor forţe şi viteze de avans corespunzătoare unor regimuri de lucru foarte variate.

Tabelul 8.1. Subsistema de elemente tipizate NC pentru celule și sisteme flexibile de prelucrare



Șurubul cu bile *4*, pentru mișcarea de avans, este pretensionat și corespunde unor caracteristici de rigiditate, forță de avans și dinamicitate ridicate.

Poziționarea se bazează pe utilizarea traductorilor liniari de tip inductosin *5*.

Sănii de avans și poziționare în cruce — SAPC-NC. Acestea au același rol funcțional ca și cele descrise mai sus, cu deosebirea că realizează mișcarea de avans și poziționare pe două axe dispuse în cruce (fig. 8.2).

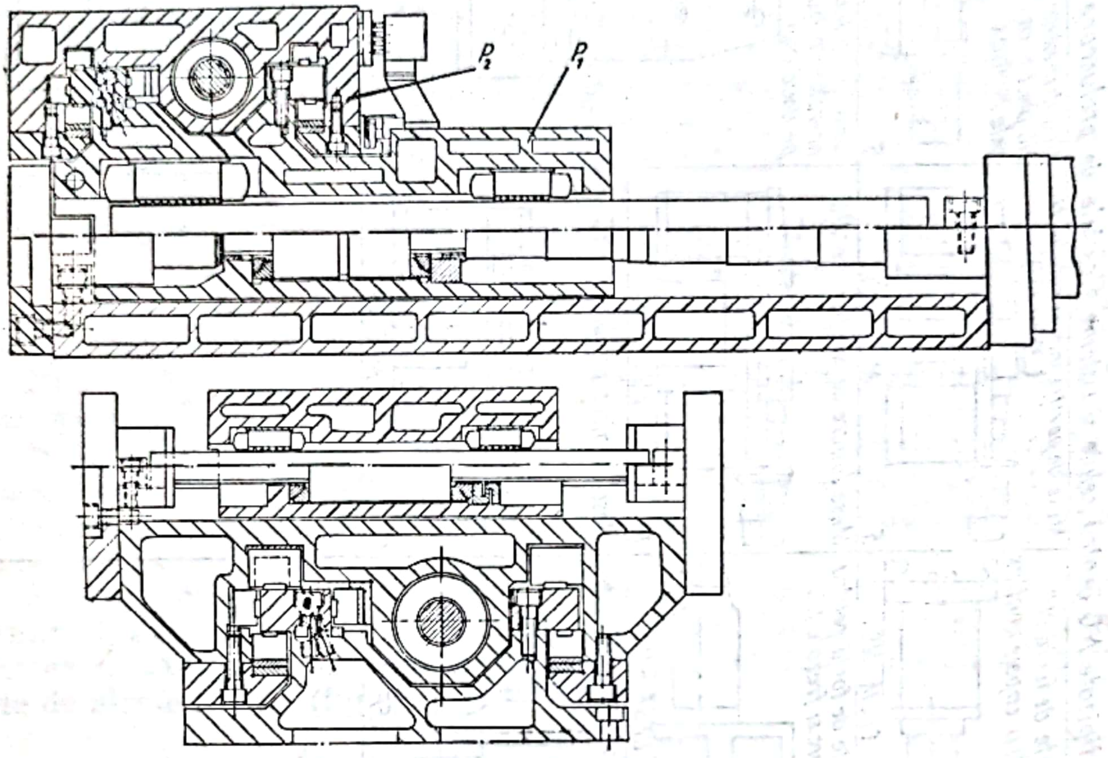


Fig. 8.2

Din punct de vedere constructiv, se regăsesc de asemenea aceleași elemente ca și la săniile care lucrează pe o singură axă. Intervine în plus ca element intermediar platoul P_1 care realizează mișcarea pe o direcție, iar la partea superioară conține ghidajele pentru direcția de lucru transversală al celui de-al doilea platou P_2.

Mese de poziționare și rotație — MPR-NC. Fiind ansambluri indispensabile oricărui tip de mașină, mesele, pe care se așază piesele în vederea prelucrării, pot fi de diferite tipuri și forme. Astfel în concepția modulară a elementelor componente pentru mașini speciale *NC*, sau pentru celule și sisteme flexibile, se pot întîlni, cu o frecvență mai mare, următoarele tipuri de mese:

— mese liniare de avans și poziționare — *MLP-NC*;

— mese liniare de poziționare și rotație — *MPR-NC*;

— mese rotative combinate — *MRC-NC*.

Dintre acestea mesele liniare de poziționare și rotație, ocupă primul loc ca arie de folosire, dat fiind posibilitățile de a asigura atît deplasarea

Scanned with OKEN Scanner

și poziționarea pe axa „X“ cît și rotirea platoului port-piesă, în plan orizontal (axa B) (fig. 8.3).

În componența meselor de poziționare și rotație intră în principal; batiul suport *1*, pe care sînt aplicate ghidajele pentru deplasarea liniară *2*, masa deplasabilă propriu-zisă *3*, împreună cu platoul rotitor *4*, mecanismele de avans *5*, mecanismul de rotire *6*, și mecanismele de blocare.

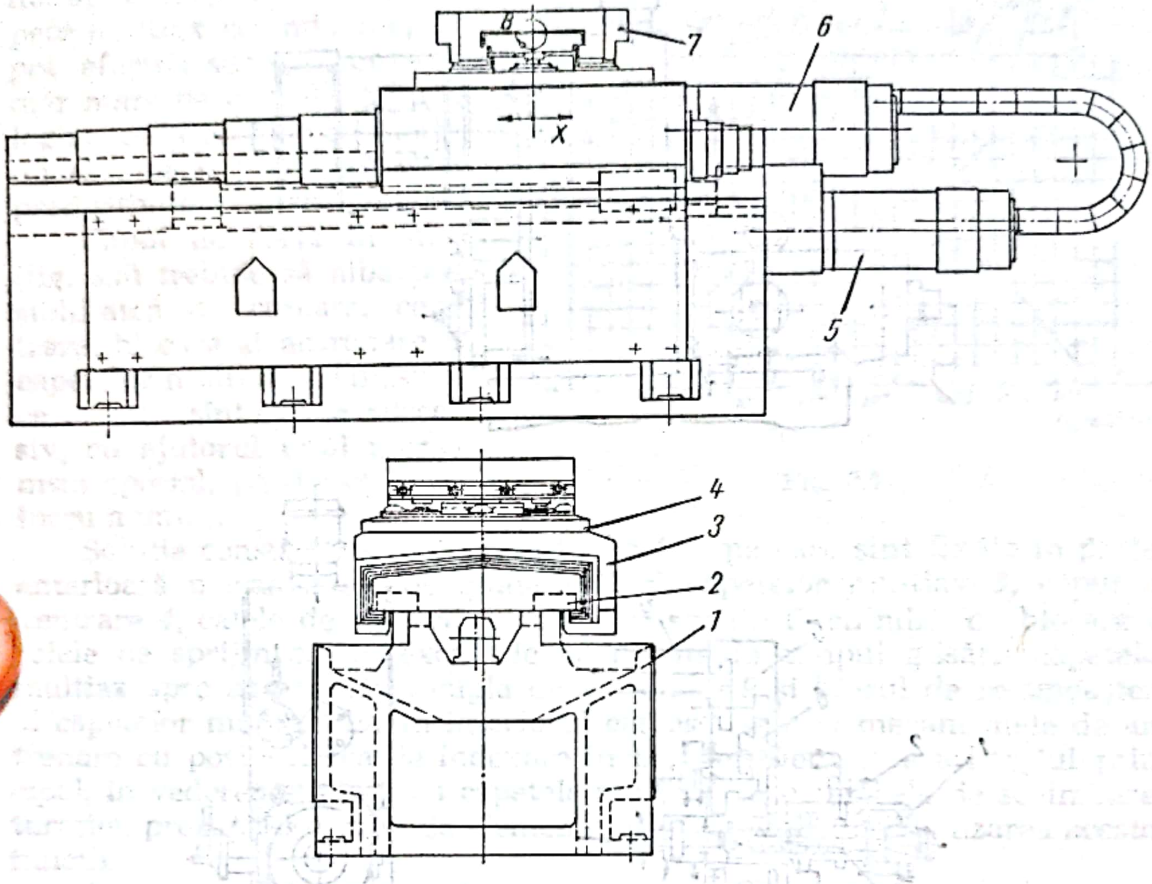


Fig. 8.3

Controlul deplasării și poziționării pe axa „X“ se realizează cu ajutorul traductorilor liniari de tip inductosyn, iar controlul poziționării unghiulare se realizează cu traductori rotativi.

În vederea folosirii lor în compunerea celulelor și sistemelor flexibile de prelucrare, mesele de poziționare și rotație pot fi prevăzute cu mecanisme de prindere și centrare a paletelor port-piese 7. Acestea sînt aduse de la locul de încărcare cu piese la locul de prelucrare cu ajutorul robocarului, iar transferul de pe robocar pe masa de lucru și invers se realizează prin mecanisme schimbătoare de palete.

Capete de forță pentru strunjire și frezare — CFSF-NC. Aceste capete sînt destinate în principal operațiilor de strunjire, alezare, frezare, avînd în principiu forma și dimensiunile arborilor din familia de elemente tipizate convenționale pentru mașini-unelte agregat și linii automate.

Pentru a putea fi integrate în compunerea mașinilor *NC* a fost necesară echiparea lor cu mecanisme pentru schimbarea și fixarea automată

Scanned with OKEN Scanner

a sculelor *1*, cu mecanisme pentru indexare *2*, în poziție orientată a arborelui propriu-zis, cu conducte și orificii *3*, pentru aducerea lichidului de răcire la sculele așchietoare și a aerului comprimat, în zona de curățire a cozii port-sculelor (fig. 8.4).

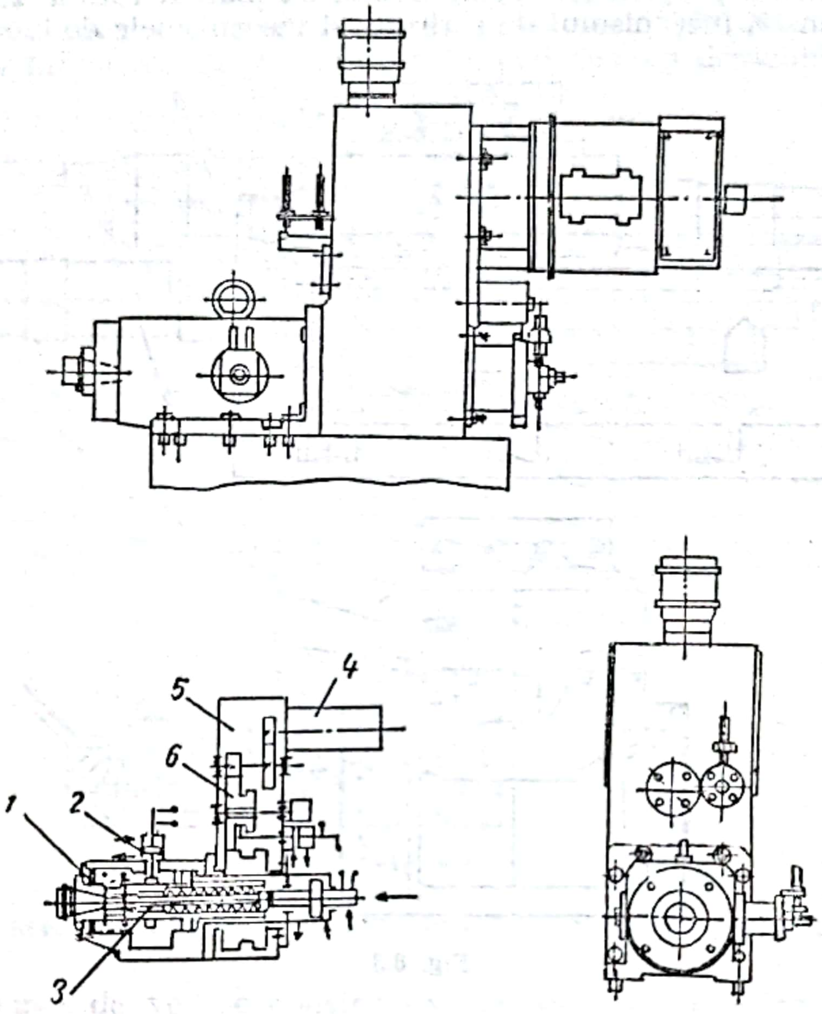


Fig. 8.4

Din punct de vedere al antrenării în mișcarea de rotație, este folosit un motor de curent continuu *4*, care transmite mișcarea la arborele principal, printr-un reductor cu două trepte de turație *5*. Comutarea dintr-o treaptă în alta se face cu un grup balador *6*, acționat de un cilindru hidraulic. Plaja de turații obținută prin convertizorul motorului și curba de variație a puterii și cuplului sînt prezentate în diagrama din fig. 8.5.

Pentru controlul turației și al poziției arborelui principal este folosit un traductor incremental de tip TIRO 1000.

Capetele de forță *NC* pot intra în compunerea unităților de lucru, prin montarea lor pe sănii de avans și poziționare pe una sau două axe. Dacă intră în compunerea unei mașini unde este nevoie și de cea de-a treia axă, aceasta trebuie obținută prin deplasarea piesei.

Capete de forță pentru capete multiax — *CFCM-NC*. Capetele de forță din această categorie sînt folosite în construcția de mașini, pentru

prelucrarea pieselor de serie mică sau mijlocie care necesită un volum mare de prelucrări, ce pot fi executate pe cuiburi de scule și grupate pe capete multiax.

Soluția oferă o eficiență economică deosebită, prin aceea că, folosind o singură unitate de lucru, formată dintr-un cap de forță, o sanie de avans montată pe un batiu, și un număr corespunzător de capete multiax schimbabile, se pot efectua succesiv un număr mare de operații tehnologice, ceea ce face ca mașina să aibă o încărcare și o productivitate foarte mare.

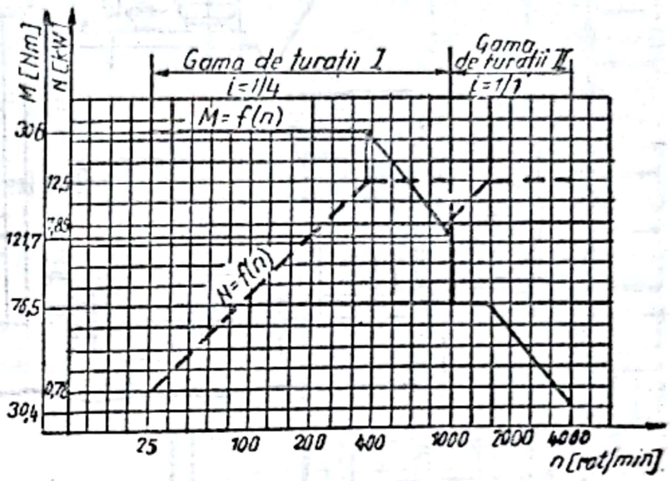


Fig. 8.5

Capul de forță în sine (fig. 8.6) trebuie să aibă posibilitatea de cuplare, centrare, blocare și antrenare a capetelor multiax, pe măsură ce acestea sînt aduse succesiv, cu ajutorul unui mecanism special, pe direcția de lucru a unității.

Soluția constă dintr-o carcasă turnată *1*, pe care sînt fixate în partea anterioară mecanismele de ghidare *2*, al capetelor multiax *3*, cepul de centrare *4*, calele de așezare *5*, calele de sprijin *6*, cilindrii de blocare *7*, rolele de sprijin cu ax excentric *8*, folosite în timpul glisării capetelor multiax spre axa unității, cupla de antrenare *9* și blocul de recunoaștere al capetelor multiax *10*. În interiorul carcasei se află mecanismele de antrenare cu posibilitatea de indexare în poziție orientată a arborelui principal, în vederea cuplării cu capetele multiax, mecanismele de schimbarea turației, precum și o serie de elemente ajutătoare pentru realizarea acestor funcții.

Antrenarea în mișcarea de rotație este asigurată de către un motor de curent continuu.

Capul de forță este echipat cu prize de cuplare pentru lichid de răcire și aer comprimat pentru curățire.

Operațiile tehnologice care pot fi executate cu capetele multiax sînt: găurire, alezare, lamare, filetare și combinații ale acestora.

De asemenea, folosind capete speciale cu lăgăruire pentru monosculă, se pot executa și operații de strunjire, frezare, iar cu o echipare specială a capului de forță se pot realiza și strunjiri plane.

Unități de lucru cu cap revolver pentru capete multiax — URCM-NC. Ca și capetele de forță pentru capete multiax, unitățile cu cap revolver sînt destinate compunerii mașinilor pentru prelucrarea pieselor de serie mică și mijlocie, ale căror operații pot fi grupate pe cuiburi de scule ce pot fi repartizate pe un anumit număr de capete multiax.

Soluția constructivă constă în principal dintr-un pivot central *1*, montat pe o sanie de avans *2*, pivot ce constituie suportul unei turele *3*, pe care se pot monta, în funcție de numărul de loturi, *4*, *6* sau *8* capete (fig. 8.7).

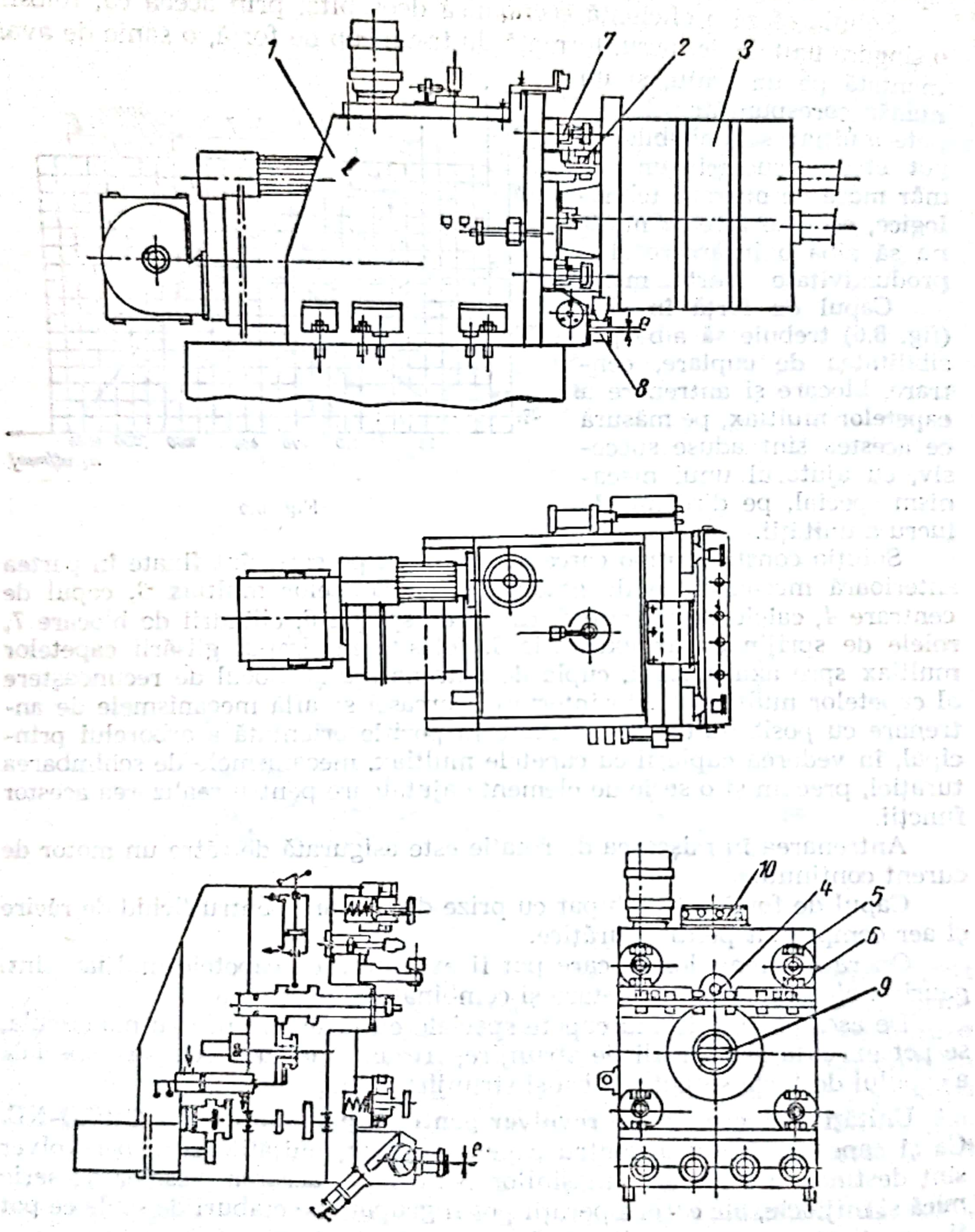


Fig. 8.6

Scanned with OKEN Scanner

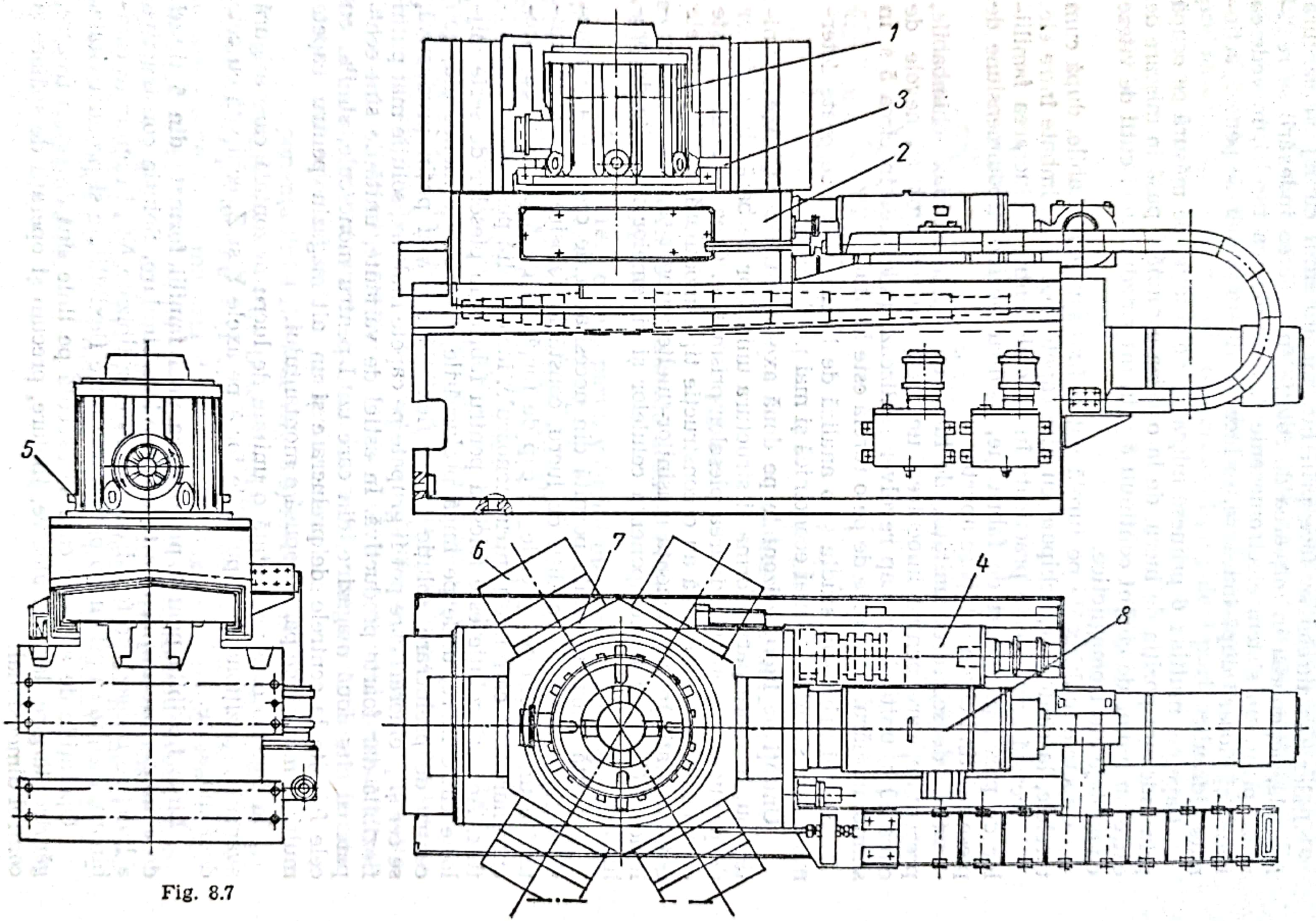


Fig. 8.7

Scanned with OKEN Scanner

Indexarea turelei se face prin intermediul unui cuplaj cu dantură frontală, acționarea în mișcarea de rotație în vederea indexării se realizează printr-un sistem electromecanic *4*, iar ridicarea turelei, în vederea rotirii și blocării după indexare, se face printr-un număr de pene *5*, acționate hidraulic.

Capetele multiax *6* primesc mișcarea de rotație, pe măsură ce ocupă prin indexare poziția de lucru, de la o priză comună *7* pusă în mișcare de către un motor de curent continuu *8* prin intermediul unei cutii de viteze cu cuplaje electromagnetice.

Capetele multiax de pe turelă pot fi fixe sau schimbabile, după cum turelele, la rîndul lor, echipate cu alte capete, pot fi schimbate între ele.

Această soluție este practicată în special pentru prelucrarea familiilor de piese, pe loturi de fabricație, pentru fiecare tipodimensiune de piese existînd cîte o echipare aparte.

Spre deosebire de unitățile de lucru cu capete multiax schimbabile, prezentate, care pentru înlocuirea unui cap cu un altul au nevoie de circa 30 s, unitățile cu cap revolver realizează indexarea în circa 5 s, în schimb, numărul de capete de pe o turelă este limitat.

Numai printr-un studiu și o analiză de la caz la caz se poate determina care soluție este mai economică și mai productivă.

Unități de lucru orizontale pe două axe — ULH 2 NC. Aceste unități au, în mare parte, forma și structura unităților de bază ale centrelor de prelucrare, pentru uzinarea pieselor prismatice. Ceea ce le deosebește de acestea, este faptul că au o construcție tipic modulară astfel încît, ele pot intra atît în componența mașinilor-unelte agregat și a liniilor tehnologice *NC*, cît și în componența celulelor și sistemelor flexibile de prelucrare.

O altă particularitate pornită din necesitatea de creștere a productivității, în anumite condiții de lucru, constă în folosirea în cadrul unității a unei variante speciale de cap de forță, cu două prize de cuplare-antrenare, din care una pentru monoscule, iar cealaltă pentru capete multiax. Această soluție este folosită pentru fabricația pieselor de serie mijlocie către mare, unde pe lîngă prelucrările cu arborele monosculă, gen centru de prelucrare, soluție foarte flexibilă dar mai puțin productivă, se cer și prelucrări care pot fi grupate pe capete multiax, soluție mai puțin flexibilă dar foarte productivă. În astfel de variante, unitățile sînt echipate cu cîte două magazine, din care unul pentru monoscule, similar cu cele folosite la centrele de prelucrare și un alt magazin pentru capete multiax, montat pe partea opusă a montantului.

În fig. 8.8 este prezentată o unitate de lucru orizontală care asigură avansul și poziționarea capului de forță pe axele *Y* și *Z*, echipată cu cele două magazine.

Linie flexibilă pentru prelucrarea unei familii formate din 5 tipuri de chiulase, precum și alte tipuri de piese similare. Soluția constructivă a liniei se bazează pe folosirea elementelor tipizate *NC*, în anumite combinații, menite să asigure o optimizare între flexibilitate și productivitate.

Operațiile de așchiere care se execută pe linie sînt de tipul: frezare, găurire, lărgire, lamare, alezare, filetare, precum și operații de spălare și control dimensional.

Scanned with OKEN Scanner

Întrucît piesele au aproximativ forme paralelipipedice, necesitînd prelucrarea pe toate cele şase suprafeţe, este necesar ca prelucrările să fie făcute din mai multe prinderi.

Mai întîi, sînt prelucrate bazele tehnologice, după care, majoritatea prelucrărilor sînt realizate din trei prinderi pe palete purtătoare. În final,

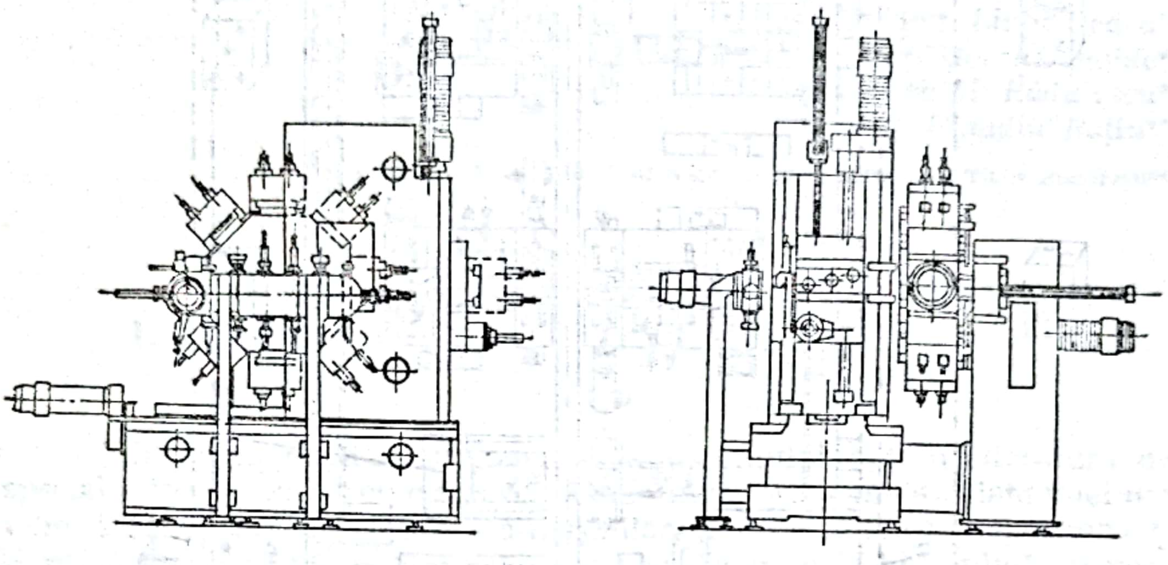


Fig. 8.8

alezajele cu o precizie dimensională deosebită sînt efectuate pe o maşină de prelucrat prin finisare.

Avînd în vedere, pe de o parte, volumul mare de prelucrări care pot fi grupate pe capete multiax, soluţie foarte productivă însă mai puţin flexibilă şi în acelaşi timp costisitoare, iar pe de altă parte ţinînd seama că rămîn destul de multe operaţii care nu pot fi efectuate decît cu ajutorul monosculelor, soluţie flexibilă însă mai puţin productivă, s-a adoptat soluţia ca prelucrările principale care se fac cu prinderea pieselor pe palete să se facă în principal pe două tipuri de celule şi anume: un tip de celule cu magazin de capete multiax schimbabile şi un al doilea tip de celule cu cîte două magazine de scule, dintre care unul pentru monoscule şi altul pentru capete multiax. Din motive de productivitate fiecare tip de celulă este realizată în mai multe exemplare.

În componenţa liniei flexibile (fig. 8.9) intră următoarele:

— maşinile de pregătire baze tehnologice *1* şi *2*; — cele două tipuri de celule de prelucrare *3* şi *4*; — sistemul de transport manipulare şi stocare palete *5*; — magazia de capete multiax *6*; — robocarele pentru alimentarea maşinilor cu palete *7*; — robocarele pentru schimbarea capetelor din magazie *8*; — maşină automată pentru control dimensional *9*; — maşina pentru spălarea pieselor după prelucrare *10*; — instalaţia electrică de comandă control şi diagnoză *11*; — maşină specială pentru prelucrarea de finisare *12*.

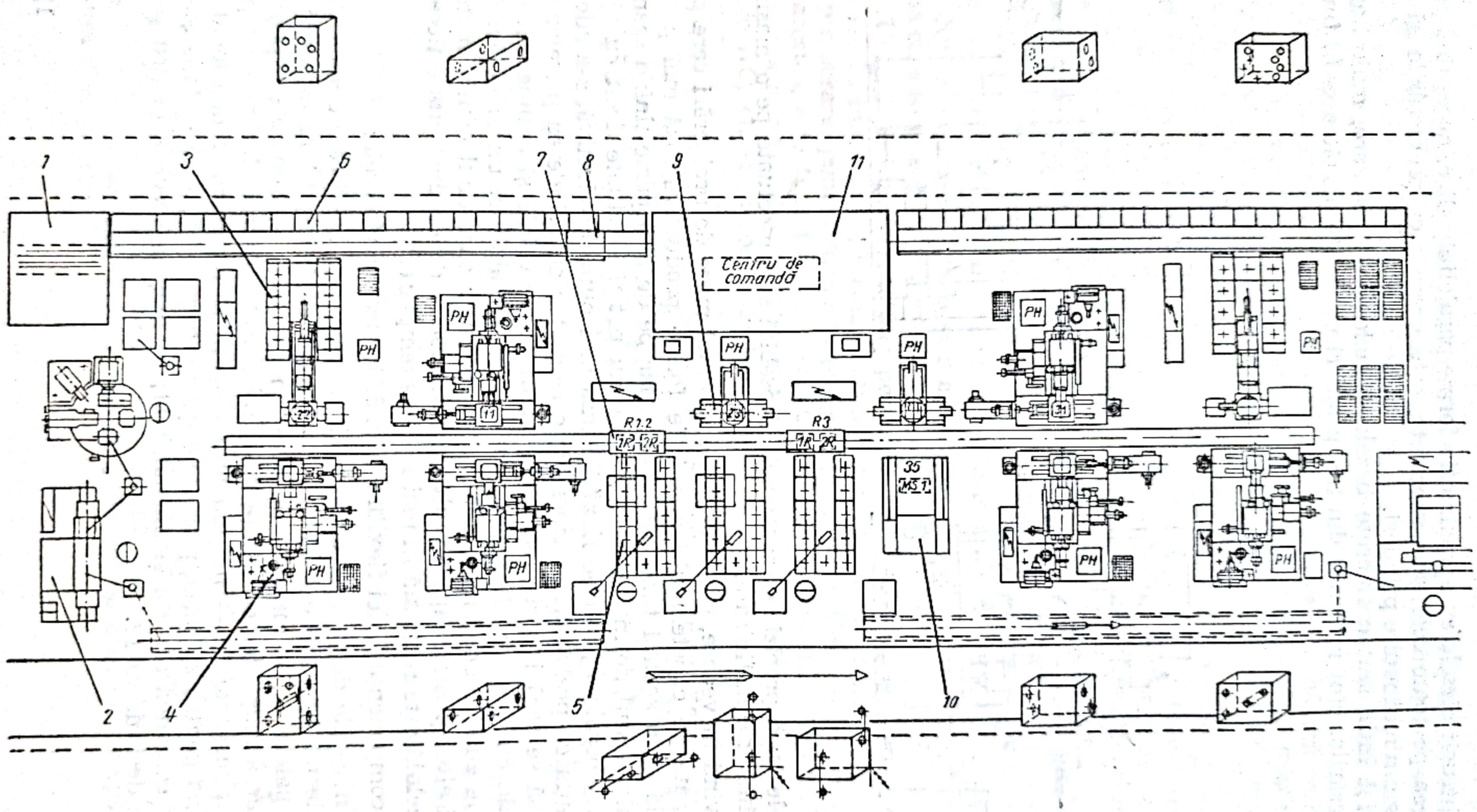


Fig. 8.9

Scanned with OKEN Scanner

9
Acționări hidraulice proporționale

Prof. dr. ing. *Liviu Deacu**
Ing. *Dorel Banabic**
Ing. *Mircea M. Rădulescu**
Ing. *Claudiu Rațiu***

Institutul Politehnic Cluj-Napoca* și ICSITMU — Titan București**

1. Introducere

Începînd cu a doua jumătate a deceniului opt în literatura de specialitate au apărut, cu o frecvență crescîndă, probleme asociate unei noi tehnici de acționare hidraulică a mașinilor, numită *tehnică proporțională.* Această tehnică îmbină transferul de energie pe cale hidraulică cu precizia și flexibilitatea comenzilor electronice. Ea acoperă un spațiu alb dintre hidraulica de comutație (tehnica „alb-negru") și servohidraulică. De fapt, cu ajutorul ei se pot realiza, în principiu, cerințele care — pînă nu de mult — se realizau doar cu servohidraulica, în condițiile unor costuri mult mai scăzute și în condițiile în care problematica acestei tehnici nu diferă mult de aceea a celei convenționale. În principiu ea se deosebește de servotehnică prin faptul că ultima se folosește exclusiv în concepte de reglaj automat, pe cînd tehnica proporțională, în general, se utilizează în scheme fără circuite de reacție, deși, în ultimul timp, datorită noilor dezvoltări, ea este utilizată, cu o frecvență din ce în ce mai mare, și în concepte de reglaj automat. În ambele tehnici, prelucrarea informațiilor se realizează în domeniul energiilor mici, adică în acela al electronicii.

Este cunoscut [1, 8] că energia hidraulică (presiune-debit) se comandă prin modificarea mărimii unor rezistențe hidraulice. Dacă această modificare se realizează în mod continuu, după un program prestabilit, este deja vorba de o comandă proporțională.

Componentul de bază care realizează o asemenea comandă este *electromagnetul proporțional (EMP).* Acesta, în principiu, este un electromagnet de curent continuu, care dezvoltă o forță proporțională cu semnalul electric de comandă***, indiferent (într-un domeniu dat) de poziția armăturii sale mobile, spre deosebire de electromagnetul convențional, la care, pentru un semnal electric dat, forța variază cu poziția armăturii mobile (fig. 9.1) [16, 20].

*** În majoritatea cazurilor o tensiune cuprinsă între 0 și ±9 V, care va fi convertită de un amplificator electronic într-un curent electric.

Constituind aparate pentru reglarea căii, debitului şi presiunii, cu ajutorul unor rezistenţe comandate de *EMP*, se pot realiza cerinţe funcţionale pentru motoarele hidraulice, cum sînt: variaţia după program a vitezei (turaţiei) acestora şi/sau a forţei (momentului). Cum în comanda electronică a electromagnetului se poate însera un component numit formator de rampă* comanda proporţională poate asigura controlul accelerării şi frînării motoarelor hidraulice şi, prin aceasta, creşterea considerabilă a vitezei acestora. Folosindu-se tehnica reglajului automat se pot obţine precizii considerabile de poziţionare, de control al vitezei şi mărimii forţelor. Un mare avantaj, în raport cu tehnica convenţională, rezidă din faptul că, utilizînd această tehnică se obţine o reducere considerabilă a complexităţii circuitelor hidraulice.

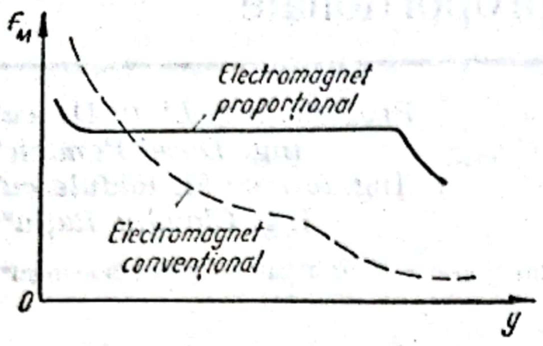


Fig. 9.1. Dependenţa forţă — deplasare.

Primele tipuri de EMP şi aparate hidraulice proporţionale din ţară au fost realizate atît în cadrul Laboratorului de acţionări hidraulice de la Institutul politehnic Cluj-Napoca [6, 7, 9, 10, 11, 12, 13], cît şi la ICSITMFS-SHP Bucureşti. În prezent asemenea aparate sînt realizate de către IEH Rîmnicu Vîlcea, Atelierul de prototipuri al ICSITMU — filiala Cluj-Napoca şi Atelierul de producţie al Institutului politehnic Cluj-Napoca.

2. Comanda proporţională a rezistenţelor hidraulice

Modificarea parametrilor definitorii ai energiei hidraulice (presiunea şi debitul) se realizează cu rezistenţe hidraulice reglabile.

Se cunoaşte [8] că debitul care parcurge traseul $A \rightarrow B$, pe care se află rezistenţa hidraulică R — de tip diafragmă — de arie $S=\pi dy$ (fig. 9.2), este dat de relaţia:

$$Q=\alpha S\sqrt{2/\rho(p_i-p_e)}, \tag{1}$$

unde:

α — este coeficientul de debit; ρ — densitatea lichidului; p_i — presiunea la intrarea în rezistenţă; p_e — presiunea la ieşirea din rezistenţă.

Acest debit este proporţional cu aria S a secţiunii rezistenţei numai dacă coeficientul α şi diferenţa de presiune p_i-p_e sînt constante.

Coeficientul α este constant dacă curgerea prin rezistenţă are caracter turbionar. Valoarea critică a cifrei Reynolds la care se produce tranziţia de la curgerea laminară la cea turbulentă este, însă, dependentă de geometria particulară a rezistenţei hidraulice (fig. 9.3) [21]. Acest criteriu este esenţial la dimensionarea rezistenţelor hidraulice, deoarece, prin

* Formatorul de rampă realizează un semnal de ieşire de tip rampă cu înclinare reglabilă, atunci cînd la intrare se aplică un semnal treaptă.

Scanned with OKEN Scanner

nerespectarea lui, debitul va depinde şi de mărimea α şi, deci, nu va mai fi proporţional cu deplasarea de comandă y. În lucrarea [4] se recomandă, pentru cazurile în care nu se cunoaşte valoarea lui R_e critică pentru re-

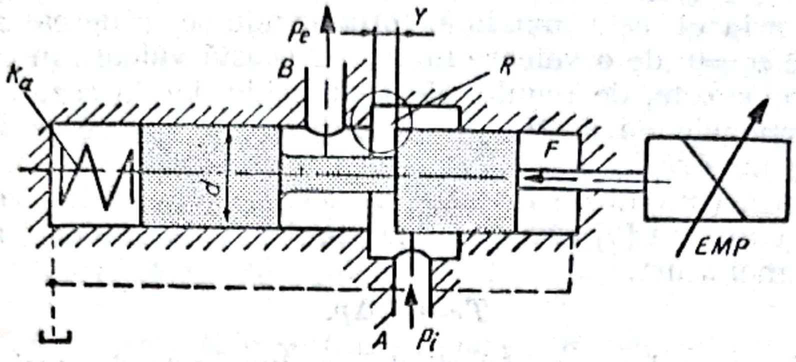


Fig. 9.2. Rezistenţă hidraulică comandată proporţional.

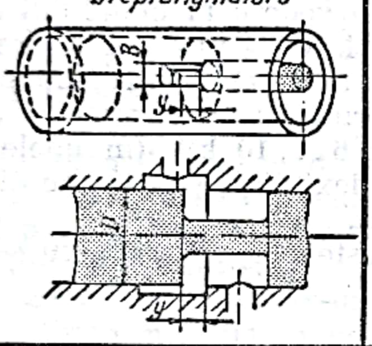
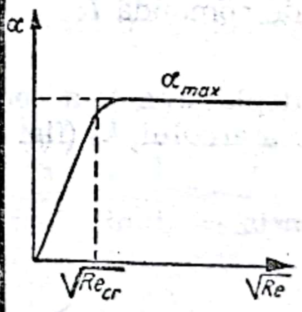
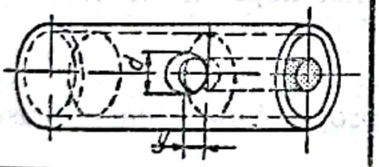
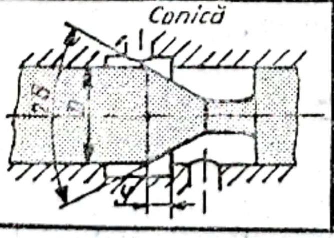
Forma secţiunii	Relaţii	Coeficientul de debit α
Dreptunghiulară 	$A_{(y)} = n \cdot B \cdot y$ $Re_{cr} = 100$ $\alpha_{max} = 0,72$ $A_{(y)} = B \cdot y$ unde $B = \pi \cdot D$ $Re_{cr} = 100$ $\alpha_{max} = 0,72$	
Circulară 	$A_{(y)} = n \dfrac{y^2(160-13y)}{\sqrt{12\ dy - y^2}}$ $Re_{cr} = 796$ $\alpha_{max} = 0,72$	
Triunghiulară	$A_{(y)} = n \cdot tg\beta \cdot y^2$ $Re_{cr} = 1400$ $\alpha_{max} = 0,75$	
Conică 	$A_{(y)} = \pi y \sin\beta (D - \frac{y}{2} \sin^2\beta)$ $Re_{cr} = 239$ $\alpha_{max} = 0,68$	

Fig. 9.3. Tipuri de rezistenţă hidraulică.

Scanned with OKEN Scanner

zistența aleasă, adoptarea criteriului ca cea mai mare arie a secțiunii de trecere să constituie a zecea parte din aria secțiunii traseului hidraulic dinainte și de după rezistență.

Se definește debitul nominal, ca fiind debitul care parcurge rezistența atunci cînd aria ei este maximă, producîndu-se căderea de presiune $\Delta p = p_i$ (dacă $p_e = 0$) de o valoare impusă. Această valoare în cadrul servodistribuitoarelor este, de regulă, 35 bar/muchie, iar în cazul distribuitoarelor proporționale de 5, 10 sau 35 bar/muchie. Alegerea acestei diferențe de presiune se face în funcție de performanțele dinamice ale rezistenței în cauză (timpul de răspuns în debit la o variație treaptă a secțiunii). Este cunoscut [5] că cu cît această diferență este mai mare timpul amintit este mai scurt:

$$T \sim 1/\sqrt{\Delta p}. \tag{2}$$

Limitarea superioară a căderii de presiune este determinată de presiunea de cavitație (presiunea la care apare fenomenul de separare a gazelor dizolvate în lichid). În această situație, la o creșterea a presiunii se produce o implozie a bulelor, însoțită de zgomot și de deteriorări ale suprafețelor rezistenței hidraulice.

Se cunoaște [1, 4] însă, că comanda energiei hidraulice cu ajutorul rezistențelor este nefavorabilă din punct de vedere al bilanțului energetic, deoarece o mare parte a energiei (pînă la 68% în cazul servoventilelor) se disipă sub formă de căldură. Totuși, datorită performanțelor dinamice superioare ale sistemelor comandate prin rezistențe, metoda rezistivă poate fi folosită pentru puteri de pînă la 6 ... 10 kW (în unele cazuri pînă la 40 kW), care, totuși, este o limită flexibilă ce se obține din compromisul care se adoptă între precizie și cost.

Cum: — forța F dezvoltată de EMP este proporțională cu semnalul electric de comandă I:

$$F = c_1 I; \tag{3}$$

— deplasarea y a sertarului de comandă depinde de forța F și de rigiditatea arcului, k_a (fig. 9.2):

$$y = F/k_a; \tag{4}$$

— aria secțiunii de strangulare este proporțională cu deplasarea y:

$$S = \pi d y; \tag{5}$$

— debitul Q, în ipoteza că Δp=constant și α=constant este proporțional cu aria S (v. rel. 1), rezultă:

$$Q = c_2 I, \tag{6}$$

unde c_1 și c_2 sînt constante.

De aici viteza unui motor hidraulic liniar este

$$v = Q/A = c_3 I, \tag{7}$$

iar turația unui motor hidraulic rotativ este

$$n = Q/V_u = c_4 I, \tag{8}$$

unde A este aria pistonului motorului liniar, V_u — volumul unitar al motorului rotativ, iar c_3 și c_4 — constante.

Scanned with OKEN Scanner

3. Electromagnetul proporţional (*EMP*)

Electromagneţii proporţionali reprezintă, în fapt, electromagneţi de curent continuu, avînd armătură cilindrică culisantă şi circuit magnetic cu geometrie foarte studiată a întrefierurilor şi cu zone feromagnetice de saturaţie provocată. Printr-o asemenea structură magnetică particulară se urmăreşte ajustarea caracteristicii statice, astfel încît, spre deosebire de electromagneţii convenţionali, forţa dezvoltată de electromagneţii proporţionali să fie cvasi-constantă la variaţia poziţiei armăturii mobile (corespunzătoare domeniului de lucru al întrefierului principal), să fie proporţională cu intensitatea curentului continuu ce parcurge bobina de excitaţie şi să fie de valoare considerabil crescută într-un volum limitat.

În fig. 9.4 se prezintă o secţiune axială printr-un electromagnet proporţional comportînd o singură bobină de excitaţie. Circuitul magnetic cu simetrie cilindrică este constituit din carcasa exterioară *1*, armătura fixă *2*, bucşa de ghidare *3* şi armătura mobilă *4*, toate confecţionate din material feromagnetic. Fluxul magnetic prin acest circuit cu permeabilitate ridicată este generat de solenaţia bobinei de excitaţie *5*. Mişcarea armăturii mobile este transmisă prin tija nemagnetică *6*, care se poate deplasa în interiorul unui ghidaj executat în axul armăturii fixe. Întrefierul principal (axial) *7* dintre suprafeţele frontale ale celor două armături cilindrice şi şaiba din material nemagnetic *8* delimitează cursa δ a armăturii culisante. Între bucşa de ghidare şi armătura mobilă coaxială există întrefierul radial *9*, de grosime redusă *g*.

Pentru ajustarea convenabilă a caracteristicii de forţă a electromagnetului proporţional se intervine atît asupra geometriei de detaliu, cît şi a nivelului de saturaţie, ale circuitului magnetic. Astfel, inelul nemagnetic (de alamă) *10*, montat într-un alezaj conic al bucşei de ghidare, asigură, pe de o parte, modularea permeanţelor în întrefier, iar, pe de altă parte, independenţa de poziţia armăturii mobile a gradului de saturaţie a zonelor feromagnetice adiacente, de secţiune variabilă, ale bucşei de ghidare.

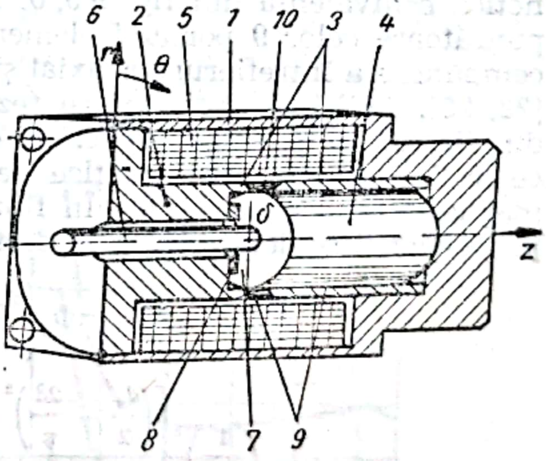


Fig. 9.4. Secţiune axială printr-un EMP.

Caracteristicile măsurate forţă-curent de excitaţie şi forţă-deplasare ale electromagnetului proporţional evidenţiază un histerezis global, avînd o componentă de frecare şi una magnetică. Histerezisul de frecare corespunde, în principal, forţei de înţepenire determinată de poziţia excentrică a armăturii culisante în raport cu bucşa coaxială de ghidare. Constructiv, limitarea histerezisului de frecare se poate realiza fie prin reducerea la minim a coeficientului de frecare între perechea de materiale folosite pentru armătura mobilă şi bucşa de ghidare, fie prin poziţionarea armăturii mobile între două arcuri-disc. La rîndul său, histe-

rezisul magnetic este consecinţa proprietăţilor de material ale circuitului feromagnetic şi poate fi redus prin modularea cu semnal Dither (semnal sinusoidal, de mică amplitudine şi de frecvenţă ridicată) a curentului bobinei de excitaţie. Dacă în plus, frecvenţa semnalului Dither este aproximativ dublul frecvenţei proprii a părţii mobile a electromagnetului proporţional, atunci şi histerezisul de frecare este considerabil diminuat.

Electromagneţii proporţionali sînt: **de deplasare,** dacă forţa dezvoltată acţionează direct asupra unui arc (ca în cazul distribuitoarelor proporţionale), cursa armăturii mobile fiind relativ mare şi **de forţă,** dacă forţa dezvoltată acţionează prin intermediul unui sertar (sau al unei supape) împotriva unui arc echivalent de mare rigiditate (ca în cazul ventilelor pilotate de presiune sau de debit), deplasarea armăturii mobile fiind relativ redusă. Comparativ cu electromagneţii proporţionali de deplasare, cei de forţă prezintă un gabarit mai redus şi o comportare statică şi dinamică superioară. Din acest motiv, electromagneţilor proporţionali de deplasare li se aplică un reglaj de poziţie cu regulator *PID* [1] pe calea directă şi traductor electric de deplasare pe bucla de reacţie. O relativă îmbunătăţire a comportării dinamice se poate obţine şi prin utilizarea unei înfăşurări suplimentare de premagnetizare în curent continuu. Ameliorarea se datorează posibilităţii de micşorare a constantei electrice de timp a electromagnetului proporţional prin reducerea inductanţei bobinei sale de comandă.

Etapa esenţială a proiectării şi optimizării constructive a electromagnetului proporţional o constituie predeterminarea caracteristicii sale statice. Pentru aceasta este necesară cunoaşterea detaliată a stării magnetice a electromagnetului proporţional în funcţie de poziţia armăturii mobile şi de solenaţia bobinei de excitaţie. Corespunzător, autorii au dezvoltat două procedee de calcul. Primul recurge la reprezentarea globală simplificată a electromagnetului proporţional, asociind căilor verosimile de flux magnetic (trasate cu linie întreruptă în fig. 9.5, *a*) schema magnetică echivalentă din fig. 9.5, *b*. Permeanţele parţiale Λ_j, $j=\overline{1,9}$, corespunzătoare celor 9 porţiuni elementare (evidenţiate în fig. 9.5, *a*) de descompunere a întrefierurilor axial şi radial, se calculează cu metoda Roters [22, 25]. Aplicînd, apoi, pentru rezolvarea schemei magnetice echivalente din fig. 9.5, *b* o metodă specifică circuitelor neliniare (datorită prezenţei celor 7 porţiuni feromagnetice de circuit), se calculează iterativ fluxul magnetic fascicular util Φ_δ. În final, forţa dezvoltată de electromagnetul proporţional se determină prin derivarea energiei magnetice:

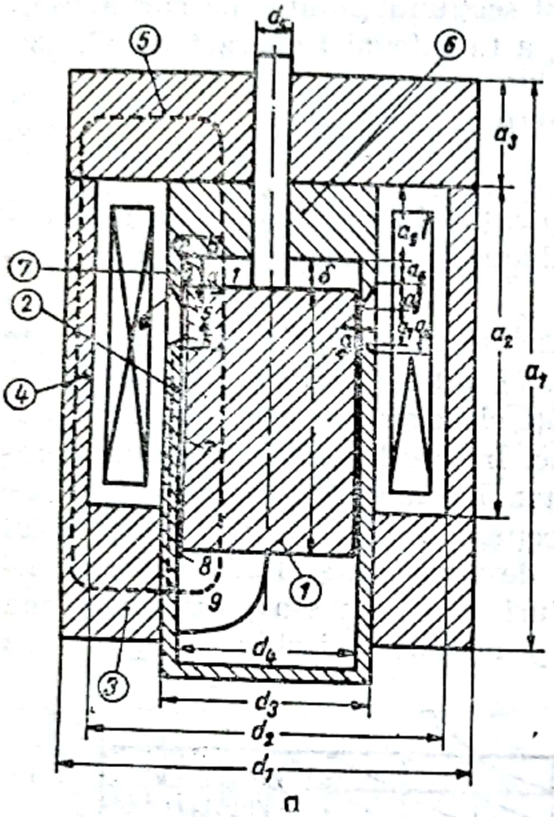
$$F_{em}=-\frac{1}{2}\mu_0\pi\Phi_\delta^2\left\{\frac{d_4-g}{g}\left[\left(\frac{1}{\Lambda_e'}\right)^2-\left(\frac{1}{\Lambda_e''}\right)^2\right]+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{\Lambda_e'}\right)^2\left[\frac{\left(\frac{d_4}{2}-\frac{2\delta}{\pi}\right)^2-\left(\frac{d_5}{2}\right)^2}{\delta^2}+\frac{4}{\pi\delta}\left(\frac{d_1}{2}-\frac{2\delta}{\pi}\right)\right]\right\}, \qquad (9)$$

unde μ_0 reprezintă permeabilitatea vidului, $\Lambda_e'=\sum_{j=1}^{5}\Lambda_j$, $\Lambda_e''=\sum_{j=6}^{9}\Lambda_j$ iar notaţiile geometrice corespund celor din fig. 9.5, *a*. În scopul optimizării constructive a electromagnetului proporţional s-au studiat efectele

Scanned with OKEN Scanner

asupra caracteristicii statice F_{em} (δ) ale modificării principalilor parametri geometrici ai circuitului magnetic (g, a_6), a valorii curentului de excitație și a proprietăților de material (fig. 9.6).

Al doilea procedeu de calcul dezvoltat de autori înglobează predeterminarea caracteristicii de forță a electromagnetului proporțional, în



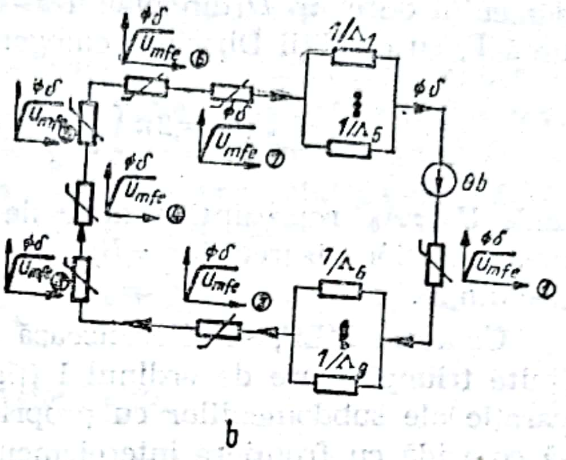


Fig. 9.5. Electromagnet proporțional:
a — geometria circuitului magnetic din secțiunea axială; *b* — schema magnetică echivalentă.

contextul analizei numerice, prin metoda elementelor finite (MEF), a cîmpului magnetic staționar din secțiunea axială a electromagnetului [17, 23]. Acest cîmp fiind plan-meridian, vectorii săi de stare, intensitatea $\overline{H}$ și inducția $\overline{B}$, au componente numai în planul z—r al secțiunii, în

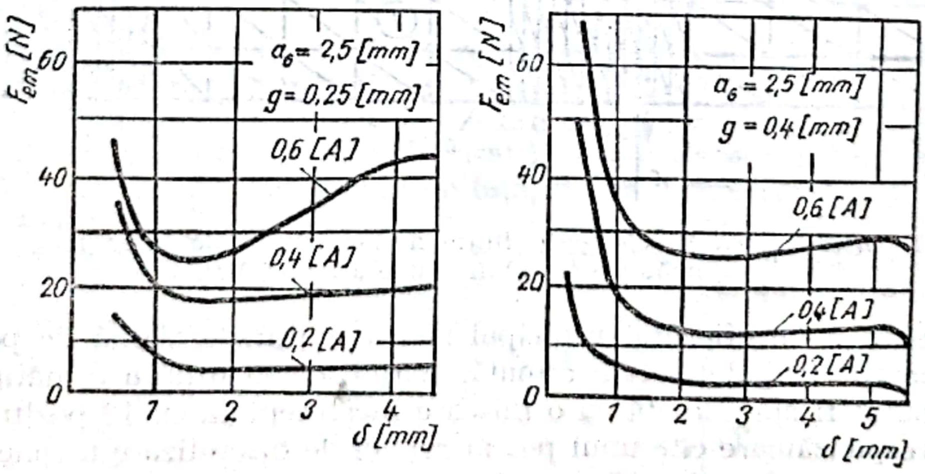


Fig. 9.6. Caracteristicile statice ale unui EMP.

vreme ce potențialul magnetic vector $\overline{A}$ și densitatea curentului de excitație $\overline{J}$ posedă numai componentele A_0, respectiv J_0, după coordonata unghiulară θ a sistemului de coordonate cilindrice circulare (z, r, θ). Problema de analiză a cîmpului magnetic din secțiunea axială a electromagnetului proporțional, formulată variațional, revine la staționarizarea, în domeniul de cîmp D din planul $z—r$ al secțiunii (limitat de curba frontieră Γ, cu condiții Dirichlet omogene), a funcționalei energetice [17, 23]:

$$F(U)=2\pi\int_D\left[\left(\int_0^B r\nu(B)B\mathrm{d}B\right)-J_0U\right]\mathrm{d}z\mathrm{d}r, \tag{10}$$

unde $U=rA_0$ reprezintă funcția de potențial în raport cu care se efectuează staționarizarea, iar $\nu(B)$ este reductivitatea porțiunilor feromagnetice din D.

Conform MEF, se discretizează domeniul de cîmp $D\cup\Gamma$ în elemente finite triunghiulare de ordinul I (fig. 9.7), astfel încît suprafețele de separație ale subdomeniilor cu proprietăți electromagnetice diferite din D să coincidă cu frontiere interelementale. În cazul electromagnetului proporțional din fig. 9.4, autorii au adoptat o triangulație a domeniului de cîmp $D\cup\Gamma$ (reprezentînd jumătatea secțiunii axiale a electromagnetului considerat) cu 694 noduri interioare și de frontieră și 1 278 elemente finite (fig. 9.7). Fîșia dublă de triunghiuri prin care s-a partiționat zona întrefierului radial, de grosime redusă g, nu este sesizabilă în fig. 9.7. În

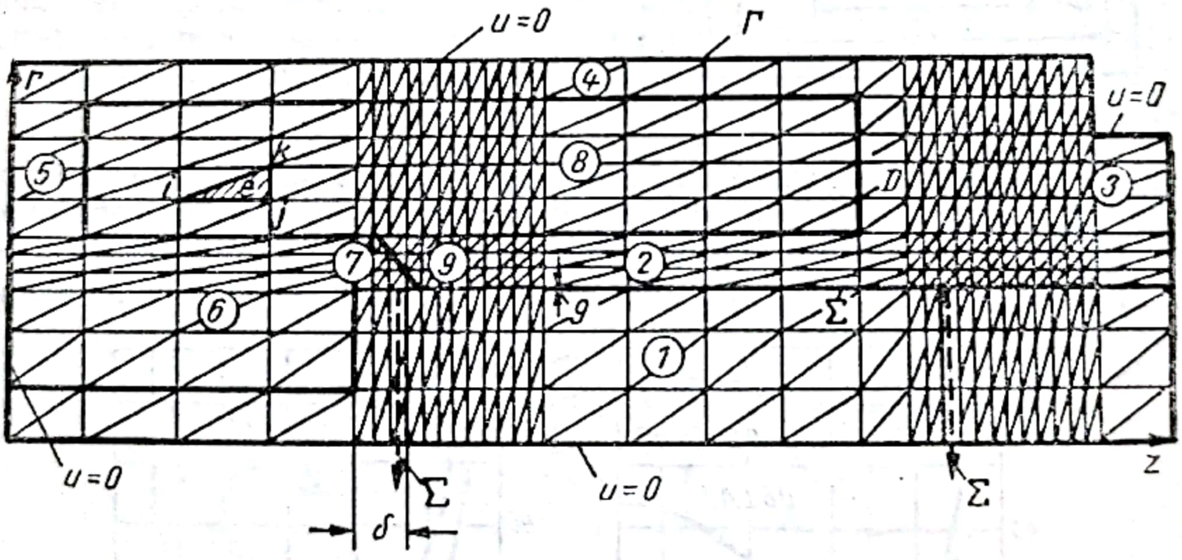


Fig. 9.7. Discretizarea în elemente finite a domeniului de cîmp magnetic din jumătatea secțiunii axiale a unui EMP.

zona activă a întrefierului principal și a inelului de alamă de pe bucșa de ghidare, triangulația este afinată. Astfel, cursa utilă a armăturii mobile a putut fi aproximată cu o mișcare incrementală cu 12 poziții succesive corespunzătoare cîte unui pas al rețelei de discretizare a zonei active a electromagnetului (fig. 9.7).

Scanned with OKEN Scanner

În baza triangulației adoptate pentru domeniul de cîmp magnetic $D\cup\Gamma$, se consideră la nivelul fiecărui element finit e, modelul de aproximare locală:

$$U^e(z,r)=\sum_i^k \frac{1}{2\Delta^e}(a_i^e+b_i^e z+c_i^e r)\,U_i^e,\quad i=i,\ j,\ k, \tag{11}$$

unde sumarea $\sum_i^k$ se efectuează pentru vîrfurile i, j, k ale triunghiului e de arie Δ^e, iar a_i^e, b_i^e, c_i^e sînt funcții elementale de coordonatele z, r ale vîrfurilor i, j, k [23]. Ținînd seama că funcționala energetică (10) a devenit prin aproximarea (11) o funcție $\widetilde{F}$ de valorile necunoscute U_i, $i=\overline{1,694}$, ale potențialului magnetic în nodurile domeniului de cîmp $D\cup\Gamma$, staționarea ei conduce la sistemul algebric neliniar global:

$$\frac{\partial F}{\partial U}\simeq\frac{\partial \widetilde{F}}{\partial U_i}=\sum_e K_{ii}^e U_i^e+\sum_e\sum_{\lambda=j,\,k}K_{i\lambda}^e U_\lambda^e+\sum_e G_i^e=0,\quad i=\overline{1,694}, \tag{12}$$

unde [23]

$$K_{ii}^e=\frac{\pi\nu^e}{2r_c^e\Delta^e}(b_i^e b_i^e+c_i^e c_i^e), \tag{13}$$

$$K_{i\lambda}^e=\frac{\pi\nu^e}{2r_c^e\Delta^e}(b_i^e b_\lambda^e+c_i^e c_\lambda^e),\quad \lambda=j,\ k, \tag{14}$$

$$G_i^e=-\frac{2\pi}{3}\Delta^e J_0^e \tag{15}$$

La deducerea relațiilor anterioare (12)—(15) s-a considerat $\nu^e=\nu^e(B^e)=$ $=$constant în elementele finite din zonele feromagnetice și $\nu^e=1/\mu_0$, în restul domeniului de cîmp D, iar cu r_c^e s-a notat coordonata radială a centrului de greutate al triunghiului e.

Rezolvarea sistemului global neliniar (12)—(15) necesită efectuarea mai multor iterații de calcul, pe parcursul cărora coeficienții (13), (14) ai elementelor finite din zonele feromagnetice trebuie reevaluați în funcție de valorile actualizate ale reluctivității $\nu^e(B^e)$. În final, se obțin valorile nodale U_i, $i=\overline{1,694}$, ale soluției aproximative de potențial pentru problema de cîmp magnetic din secțiunea axială a electromagnetului proporțional considerat.

Se procedează, secvențial, la rezolvarea individuală, dar analogă, a problemelor de cîmp magnetic pentru toate cele 12 poziții succesive ale armăturii mobile, obținîndu-se în fiecare caz cîte o soluție numerică conform MEF. Ca rezultat tipic, s-a trasat în fig. 9.8 spectrul liniilor de flux magnetic (reprezentînd, în cazul de față, liniile de $U=$constant) corespunzător uneia din cele 12 poziții succesive ale armăturii mobile.

În baza rezultatelor acestei analize numerice de cîmp utilizînd MEF, se efectuează, în continuare, calculul forței $\overline{F}_{em}$ dezvoltate de electromagnetul proporțional (pentru fiecare din pozițiile succesive ale armăturii mobile), prin particularizarea expresiei tensorului tensiunilor maxwelliene:

$$\overline{F}_{em}=\int_\Sigma\left[\frac{1}{\mu_0}(\overline{B}\cdot\overline{n}_\Sigma)\overline{B}-\frac{1}{2\mu_0}B^2\overline{n}_\Sigma\right]d\Sigma, \tag{16}$$

Scanned with OKEN Scanner

unde suprafaţa de integrare Σ (avînd versorul $\overline{n}_\Sigma$ al normalei exterioare) înconjoară armătura mobilă, trecînd prin centrele de greutate ale triunghiurilor de discretizare a întrefierului axial şi radial (fig. 9.7). Luînd pe abscisă mărimile δ ale întrefierului axial, corespunzătoare celor 12 poziţii succesive ale armăturii mobile şi pe ordonată valorile, calculate con-

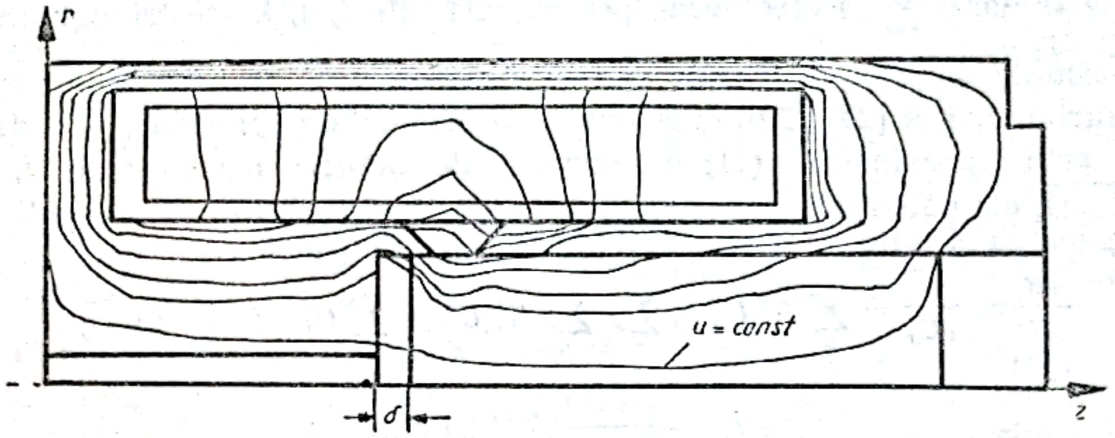


Fig. 9.8. Distribuţia liniilor de flux magnetic în jumătatea secţiunii axiale a unui EMP (pentru o poziţie intermediară a armăturii mobile).

form MEF, ale forţei dezvoltate de electromagnetul proporţional pentru fiecare din aceste poziţii, rezultă caracteristica statică $F_{em}(\delta)$ a electromagnetului.

Simulările numerice repetate, bazate pe MEF, sînt deosebit de utile pentru proiectanţi în identificarea celei mai adecvate structuri magnetice pentru electromagnetul proporţional studiat. O astfel de structură magnetică a condus la obţinerea caracteristicii statice din fig. 9.9, care evidenţiază, totodată, o foarte bună concordanţă cu valorile de forţă măsurate pe prototipul corespunzător. Apare, astfel, pe deplin justificată opţiunea pentru aplicarea MEF în predeterminarea caracteristicii statice a electromagnetului proporţional, ca etapă esenţială a proiectării lui asistate de calculator.

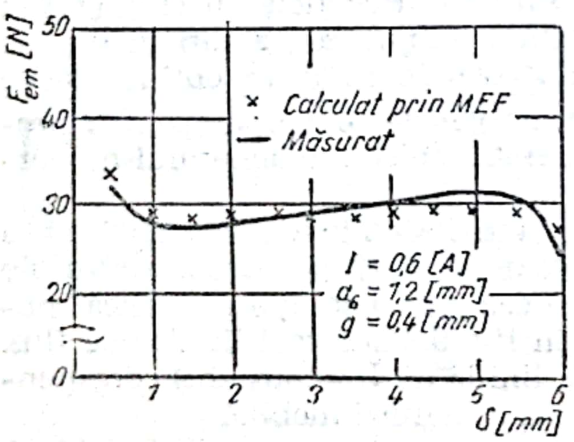


Fig. 9.9. Caracteristica statică a unui EMP.

În fig. 9.10 este redată schema bloc pentru comanda unui electromagnet proporţional. Aici, s-au utilizat notaţiile: S — sursa de alimentare; U/I — convertor tensiune curent; Σ — sumator; generator Dither de semnal sinusoidal; $F.R.$ — formator de rampe.

Blocul electronic trebuie să realizeze următoarele funcţii:

— să asigure prin bobina electromagnetului un curent constant, proporţional cu tensiunea de comandă, funcţie realizată de către convertorul tensiune-curent;

— să reducă histerezisul magnetic şi de frecări (mecanic) al electromagnetului; aceasta se obţine prin modularea tensiunii de intrare în con-

vertorul tensiune-curent cu un semnal sinusoidal de amplitudine și frecvență alese corespunzător; uzual, amplitudinea este de $0{,}2I_{max}$, iar frecvența este de 75 . . . 250 Hz. Semnalul sinusoidal este furnizat de oscilatorul Dither, iar modularea se realizează în sumatorul Σ;

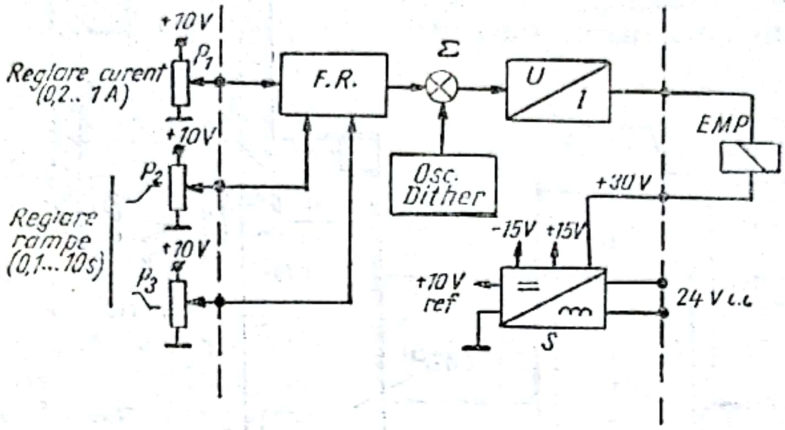


Fig. 9.10. Schema electronică de comandă a unui EMP.

— să asigure saltul controlat de la o valoare reglată la alta; această funcție este asigurată de către formatorul de rampe *F.R.*, ce permite, prin potențiometrii P_2 și P_3 reglarea independentă a duratei de comutare în sensul creșterii, respectiv descreșterii, curentului;

— să furnizeze tensiunea de comandă în domeniul 0 . . . 10 V (semnal unificat), cu ajutorul potențiometrului P_1.

4. Aparate hidraulice proporționale

a. **Droselul proporțional.** Aparatul reprezentat în fig. 9.2 este, de fapt, un drosel proporțional. Tehnica proporțională permite și realizarea droselelor pilotate. Poziționarea elementului mobil al acestora se poate asigura, însă, numai printr-un reglaj automat.

În fig. 9.11 se prezintă schema funcțională (fig. 9.11, *a*) și soluția constructivă (fig. 9.11, *b*) a droselului pilotat, realizat în cadrul integrat IPC-N-ICSITMU filiala Cluj-Napoca [11], la care reacția de poziție este de tip forță-deplasare realizată cu ajutorul arcului *a*. Aici, rezistența droselizantă de pe traseul $A \rightarrow B$ este notată cu *R*. Deschiderea de droselizare y se realizează cu ajutorul presiunii de comandă p_c. Această presiune există între două rezistențe de comandă R_i și R_e legate în serie, dintre care R_e se comandă proporțional cu ajutorul *EMP*. În ipoteza că aria $S_1 = S_2/2$ și că $R_i = R_e$, presiunea de comandă p_c va fi egală cu $p_i/2$, iar supapa principală va fi în echilibru, deoarece

$$p_i S_1 = p_c \cdot S_2. \tag{17}$$

Dacă $S_1 > S_2/2$, echilibrul se realizează prin introducerea arcului suplimentar $\mathcal{A}$, adică

$$p_1 \cdot s_1 = p_c \cdot s_2 + F_{\mathcal{A}}. \tag{18}$$

Scanned with OKEN Scanner

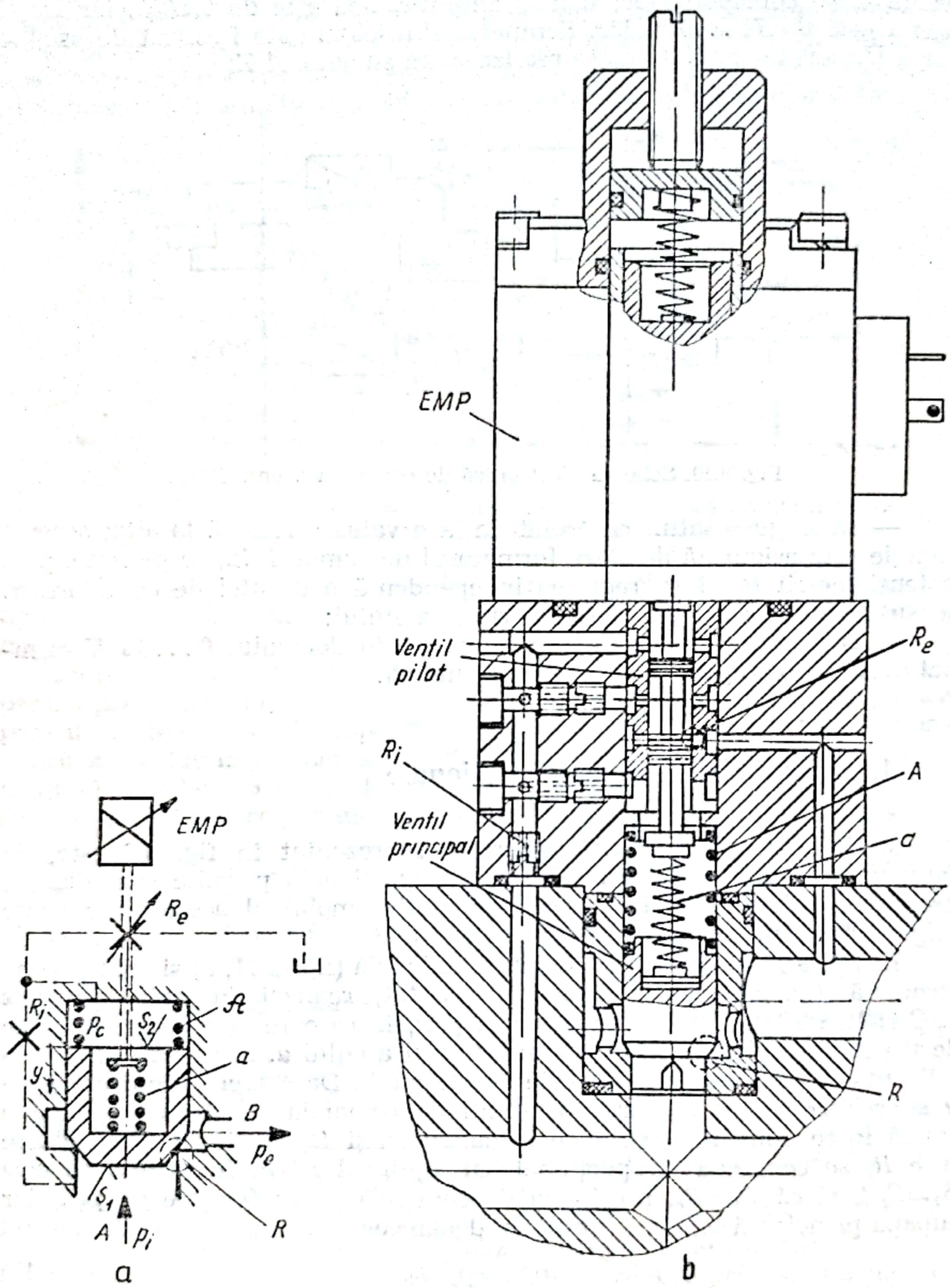


Fig. 9.11. Drosel proporţional pilotat cu reacţie forţă-deplasare.

Scanned with OKEN Scanner

De aici, pentru $p_c = p_i/2$,

$$F_{st} = (s_1 - s_2)\,\frac{p_i}{2}\,. \tag{19}$$

Pentru deschiderea rezistenței R, electromagnetul va cauza deschiderea rezistenței R_e (cauzînd, implicit, comprimarea arcului a) și prin aceasta scăderea presiunii de comandă. Dezechilibrul produs va cauza ridicarea supapei principale dar, implicit, va cauza și o comprimare suplimentară a arcului a care va produce reînchiderea rezistenței R_e și, deci, restabilirea echilibrului (prin aceasta arcul „a" se constituie ca element de reacție în reglajul automat al poziției supapei). Mărimea deschiderii, y, a rezistenței R va fi proporțională cu curentul de comandă I. Reacția poate fi realizată și pe cale electrică, cu ajutorul unui senzor inductiv, așa cum apare în fig. 9.12 [3]. Aici, valoarea reală a deplasării y, citită cu ajutorul senzorului, este comparată electronic cu valoarea programată cu ajutorul unui potențiometru, abaterea de reglaj servind la comanda electromagnetului pînă la anularea ei.

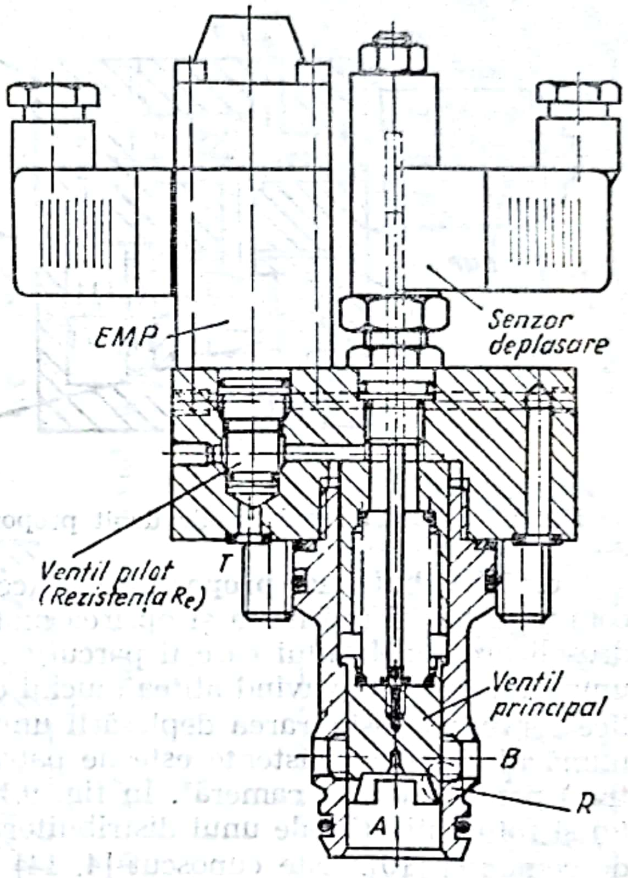


Fig. 9.12. Drosel proporțional pilotat cu reacție electrică.

b. **Ventilul regulator de debit.** Acest aparat are sarcina reglării debitului (ca și droselul), asigurînd, suplimentar, și condiția menținerii constante a acestuia atunci cînd diferența de presiune $p_i - p_e$ variază, fie datorită variației presiunii de ieșire, fie a celei de intrare.

Aceste aparate se realizează, de obicei, combinînd un drosel proporțional cu un comparator de presiune, C (fig. 9.13), care măsoară diferența reală de presiune $p_i - p_e$, pe care o compară cu diferența programată prin forța de pretensionare a arcului a (sau a unui EMP) și care, în cazul unei abateri între cele două diferențe, cauzează modificarea rezistenței R_i pînă cînd abaterea se anulează. Acest caz este acela al unui regulator cu două căi. Dacă comparatorul reglează concomitent și rezistența finită R_e (în sens contrar cu R_i), regulatorul este cu trei căi. Acest caz corespunde controlului debitului prin diferența de presiune.

O variantă mai modernă, realizată în cadrul IPC-N [13], este aceea pentru care debitul real se măsoară cu ajutorul unui senzor de debit, care îl convertește într-un semnal electric proporțional, care va fi comparat

Scanned with OKEN Scanner

cu un semnal corespunzător debitului programat. Abaterea de reglaj, constituită electronic, servește comenzii electromagnetului pînă la anularea ei. Ca senzor de debit se folosește o supapă, pentru care, în condiții bine determinate, deplasarea ei va fi proporțională cu debitul care o parcurge. În fig. 9.14, *a*, *b* și *c* sînt reprezentate scheme principiale și constructive precum și fotografia acestui ventil.

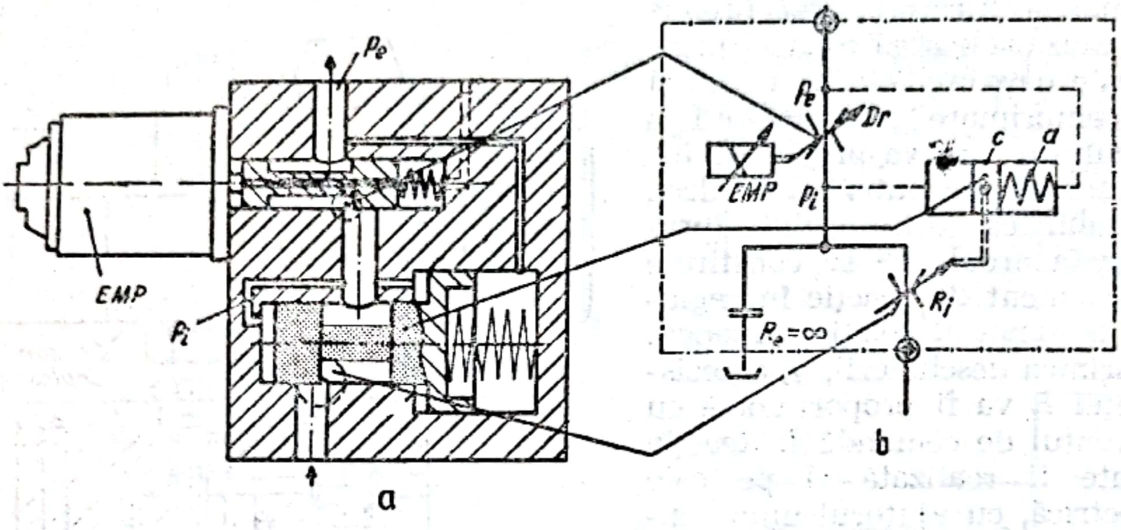


Fig. 9.13. Ventil regulator de debit proporțional cu comparator de presiune.

c. **Distribuitorul proporțional.** Acesta asigură pe lîngă funcția de comutare a căii (pornirea și oprirea motoarelor hidraulice) și pe aceea de droselizare a debitului care îl parcurge. Aici, *EMP* va deplasa, împotriva unui arc, un sertar avînd atîtea muchii de comandă cîte rezistențe hidraulice servesc la asigurarea deplasării unui motor. În cazul cel mai general numărul acestor rezistențe este de patru, cîte două (lucrînd în sens contrar) pentru fiecare cameră*. În fig. 9.15 se prezintă soluția constructivă (*a*) și fotografia (*b*) ale unui distribuitor direct acționat cu două rezistențe de comandă [10]. Este cunoscut [4, 14] faptul că asupra sertarelor distribuitoarelor — în special în cazul unor deschideri, y, mici — acționează forțe hidrodinamice,

$$F_h = k \cdot y \cdot \Delta p \qquad (20)$$

avînd același ordin de mărime cu cel al forței dezvoltate de *EMP*. Aceste forțe constituie principalul factor perturbator care afectează funcționarea proporțională a distribuitoarelor. Pentru compensarea acestei influențe se utilizează, în ultimul timp, reglajul automat de poziție a sertarului, prin care poziția reală a acestuia (măsurată și convertită într-un semnal electric de către un senzor inductiv) este comparată cu poziția programată electronic, abaterea de reglaj fiind folosită la comanda electromagnetului care va acționa în sensul anulării ei.

În fig. 9.16 este prezentat un distribuitor Dn 10, prevăzut cu un asemenea reglaj, realizat în cadru integrat ICSITMU — filiala Cluj-Napoca

* Un motor hidraulic poate fi comandat, însă, și cu una, două sau trei rezistențe de comandă reglabile [8].

Scanned with OKEN Scanner

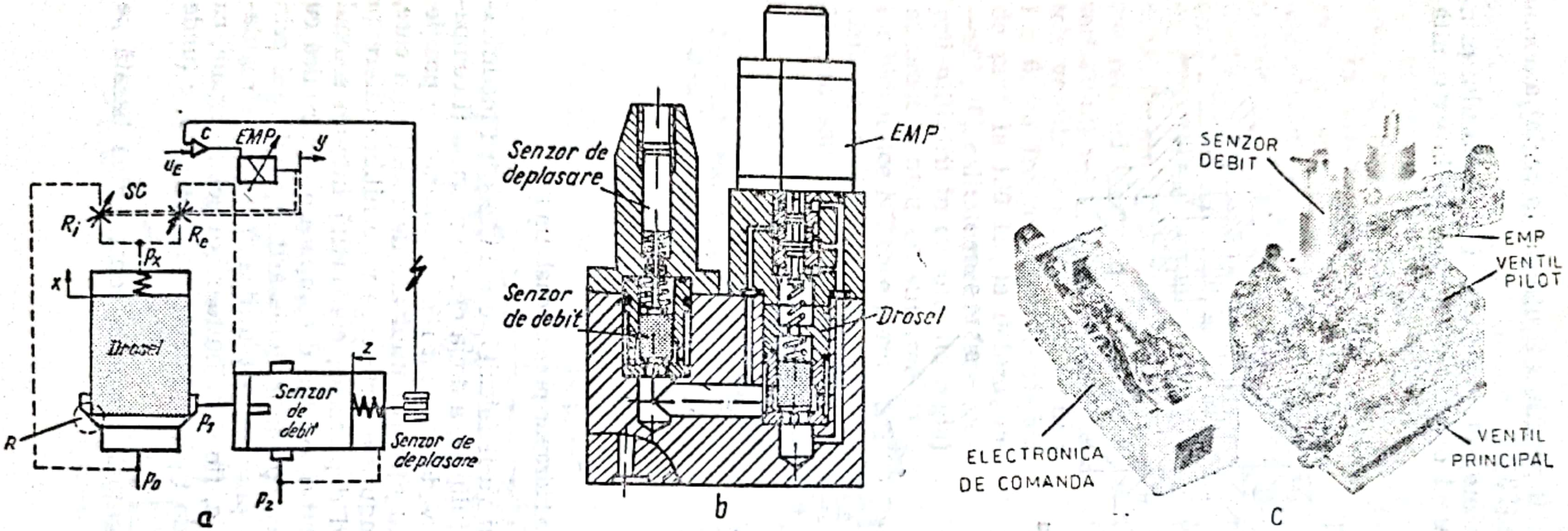


Fig. 9.14. Ventil regulator de debit proporţional cu senzor de debit.

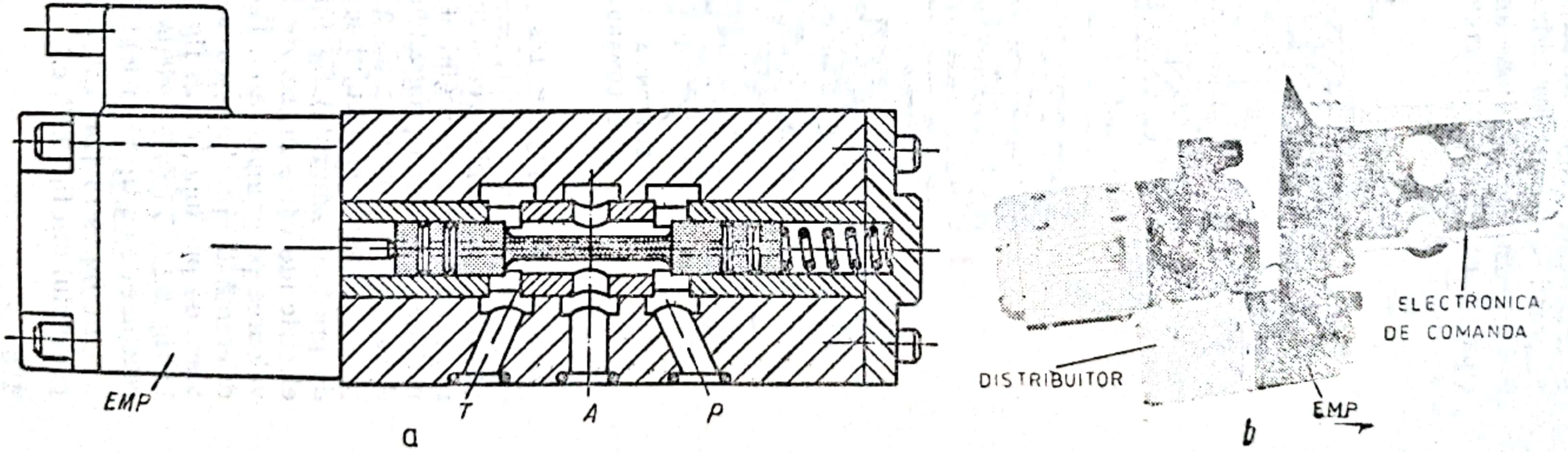


Fig. 9.15. Distribuitor hidraulic proporţional Dn 6.

Scanned with OKEN Scanner

și IPC-N, avînd performanțe care îi permit a fi utilizat în reglaj automat de poziție a motoarelor hidraulice [28].

În cazul distribuitoarelor pilotate, schimbarea poziției sertarului principal se realizează prin crearea unei diferențe de presiune la extremită-

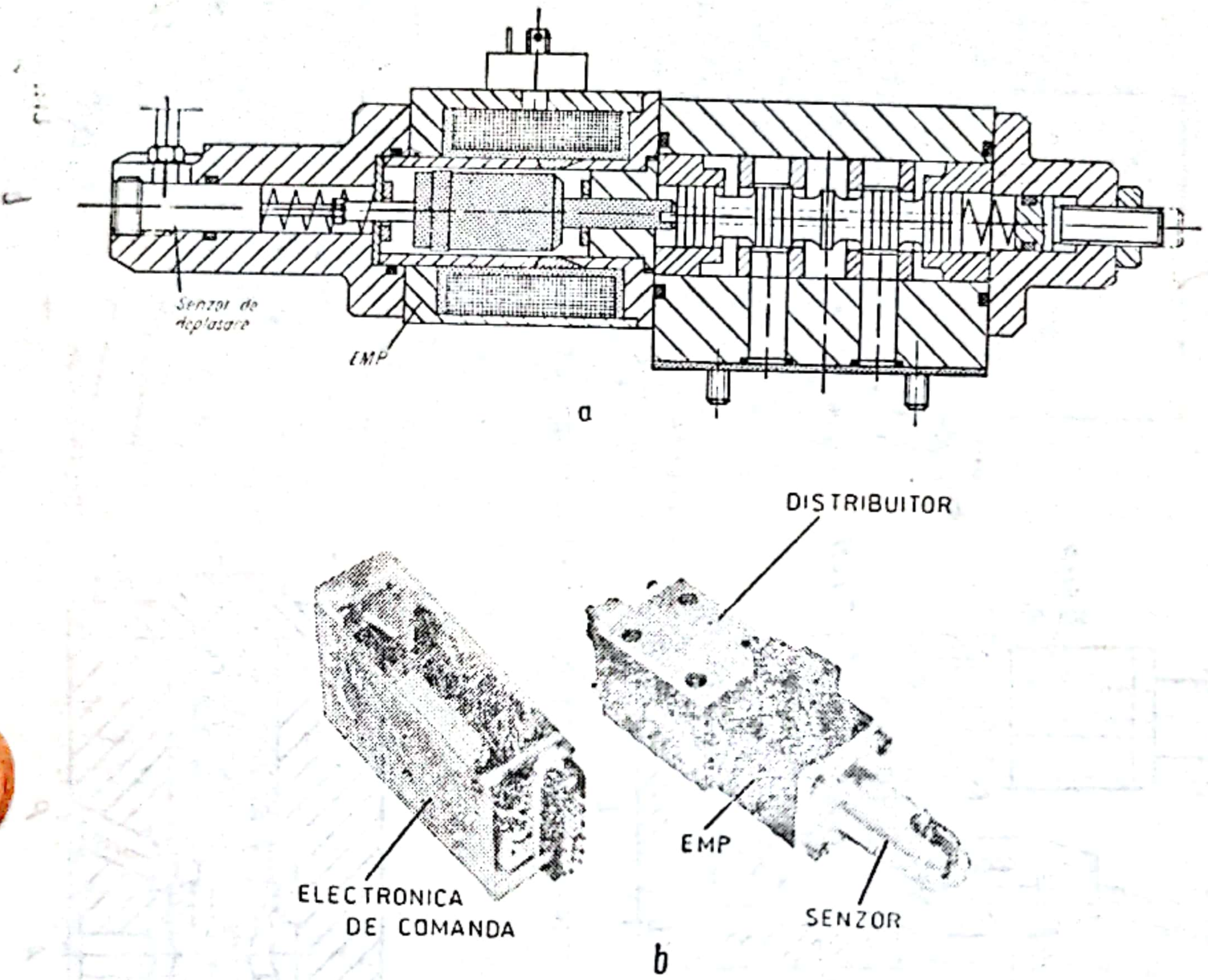


Fig. 9.16. Distribuitor hidraulic proporțional Dn 10.

țile acestuia. Deplasarea sertarului va fi folosită, o dată, pentru modificarea rezistențelor de reglaj al debitului și, a doua oară, pentru a fi comparată cu deplasarea programată în vederea unui reglaj automat de poziție. Acest lucru se poate realiza fie cu ajutorul unui arc de reacție (în care, prin deplasarea sertarului se va induce o forță care va echilibra diferența de presiune amintită) fie folosind deplasarea, convertită într-un semnal electric (de către un senzor inductiv), pentru o comparare electronică cu valoarea programată a ei. Deoarece comanda deplasării se realizează prin diferență de presiune, ca ventile pilot se pot utiliza fie ventile regulatoare de presiune, ca în fig. 9.17, *a*, fie distribuitoare direct acționate, ca în fig. 9.17, *b* (unde reacția este de tip forță-deplasare) sau 9.17, *c* (unde reacția este de tip electric) [15].

În fig. 9.18 [24] este reprezentată o soluție constructivă bazată pe principiul din fig. 9.17, *c*.

Scanned with OKEN Scanner

Se precizează că atunci cînd se impune condiţia traversării distribuitorului de către debite constante, atunci cînd presiunea generată de sarcină variază, se utilizează plăci intermediare care conţin comparatoare de presiune, dispuse sub distribuitor, asigurîndu-se, astfel, funcţia unui regulator de debit.

În ultima vreme (din anul 1983), cu scopul apropierii performanţelor distribuitoarelor proporţionale de cele ale servodistribuitoarelor (prin realizarea rezistenţelor cu acoperire zero, asigurarea unor căderi de presiune normate de 35 bar/muchie şi prin asigurarea reacţiei electrice de poziţie a sertarului) s-au obţinut aşa-numitele ventile de reglaj care, pentru Dn 6, au frecvenţa caracteristică de pînă la 130 Hz la defazaj de —90° [26], calitate care le face proprii utilizării în circuite de reglaj automat pentru constituirea axelor hidraulice NC care permit precizii de poziţionare de pînă la 10 µm sau chiar mai puţin [1].

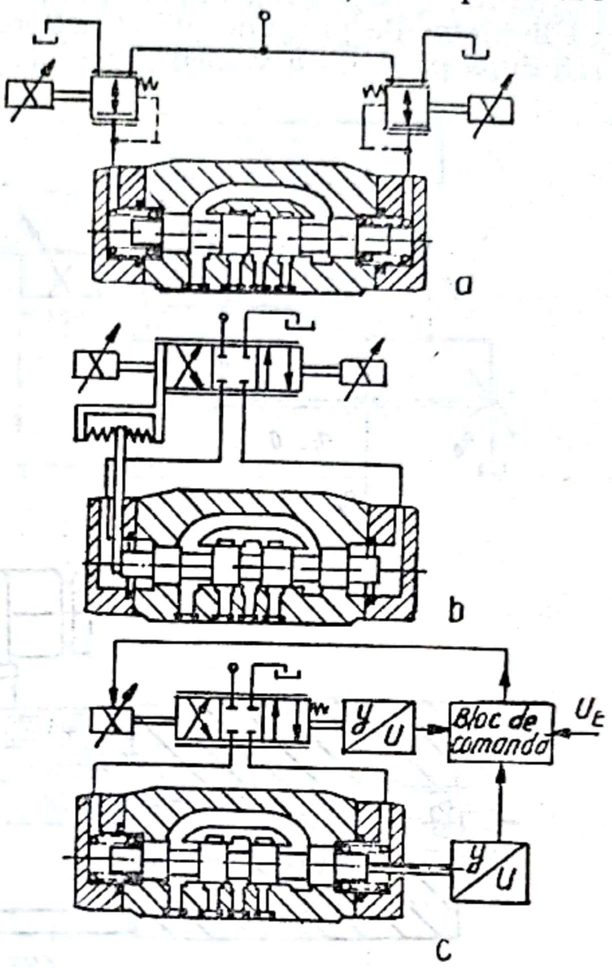


Fig. 9.17. Posibilităţi de pilotare a distribuitoarelor proporţionale.

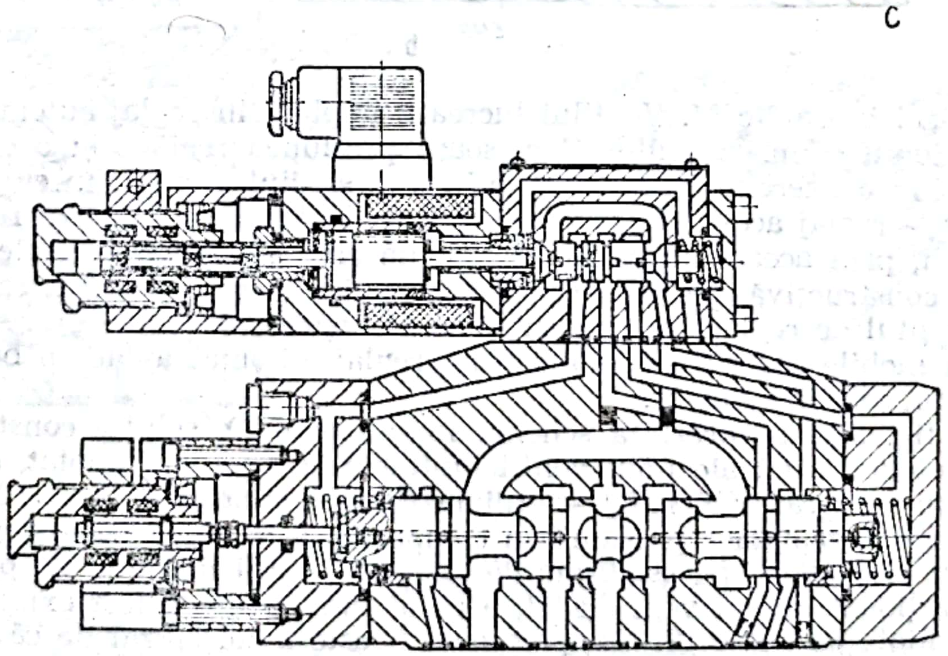


Fig. 9.18. Distribuitor hidraulic proporţional pilotat cu reacţie electrică.

d. Ventilul de presiune proporțional. EMP poate fi utilizat și pentru programarea valorii presiunii, în ventilele care reglează această mărime. Astfel în fig. 9.19 [18], se prezintă principial (*a*) și constructiv (*b*) un ventil limitator de presiune direct acționat. Scopul acestui ventil este reglarea după program a valorii presiunii *p*, cuprinsă între rezistențele R_i, R_e

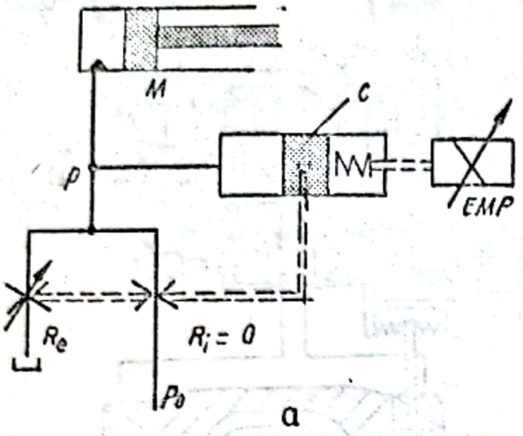
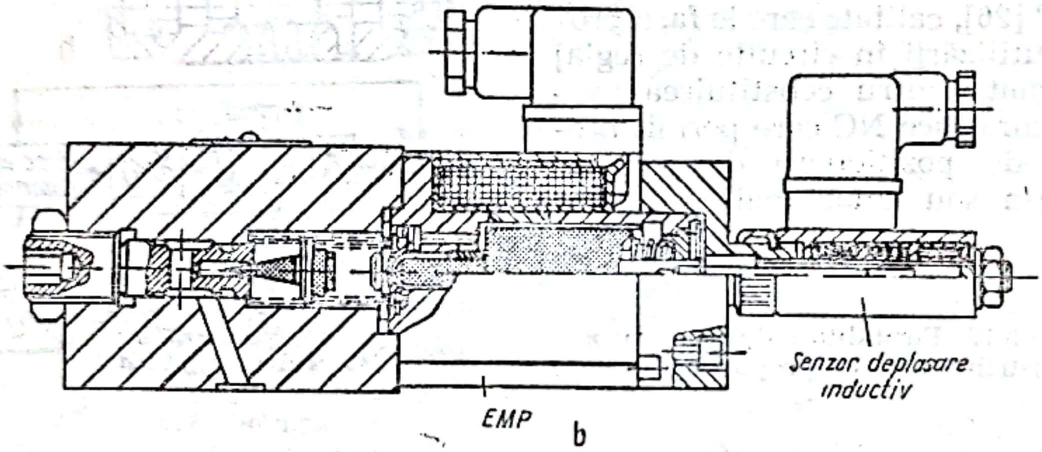


Fig. 9.19. Ventil de limitare a presiunii proporțional direct acționat.



și motorul hidraulic *M*. Ventilul lucrează implicit în reglaj automat, astfel: pistonul comparatorului *C* măsoară presiunea reală *p* și o compară cu presiunea exercitată, de *EMP*, prin intermediul arcului. În cazul unei abateri de reglaj acest piston se va deplasa, cauzînd modificarea rezistenței R_e și, prin aceasta a presiunii *p*, pînă cînd abaterea se anulează. În soluția constructivă, pistonul comparatorului este chiar supapa care este și elementul de reglare a rezistenței R_e. Pentru poziționarea precisă a armăturii mobile a *EMP* se folosește un reglaj automat avînd în bucla de reacție un senzor inductiv.

În fig. 9.20 se prezintă schema funcțională (*a*), soluția constructivă (*b*) și fotografia (*c*) ale unui ventil limitator de presiune pilotat, realizat în cadru integrat ICSITMU — filiala Cluj-Napoca și IPC-N [12]. Aici, valoarea programată a presiunii în comparatorul *C* se realizează printr-o presiune hidraulică, p_c, asigurată de către un ventil limitator de presiune direct acționat, numit ventil pilot, a cărui funcționare a fost explicată în conformitate cu fig. 9.19. Comparatorul *C* este materializat de către cartușul ventilului principal care comandă direct rezistența R_E. Rezistența R_a are funcție de amortizare în perioadele de mișcare ale pistonului com-

paratorului *C*. Cu ea se controlează dinamica supapei principale. Arcul puțin rigid, *A*, nu servește la programarea presiunii ci doar la asigurarea menținerii în stare închisă a rezistenței R_E, atunci cînd ventilul este în stare normală. Colectivul amintit a realizat și varianta acestui aparat care, pentru îmbunătățirea preciziei funcționale, lucrează în reglaj auto-

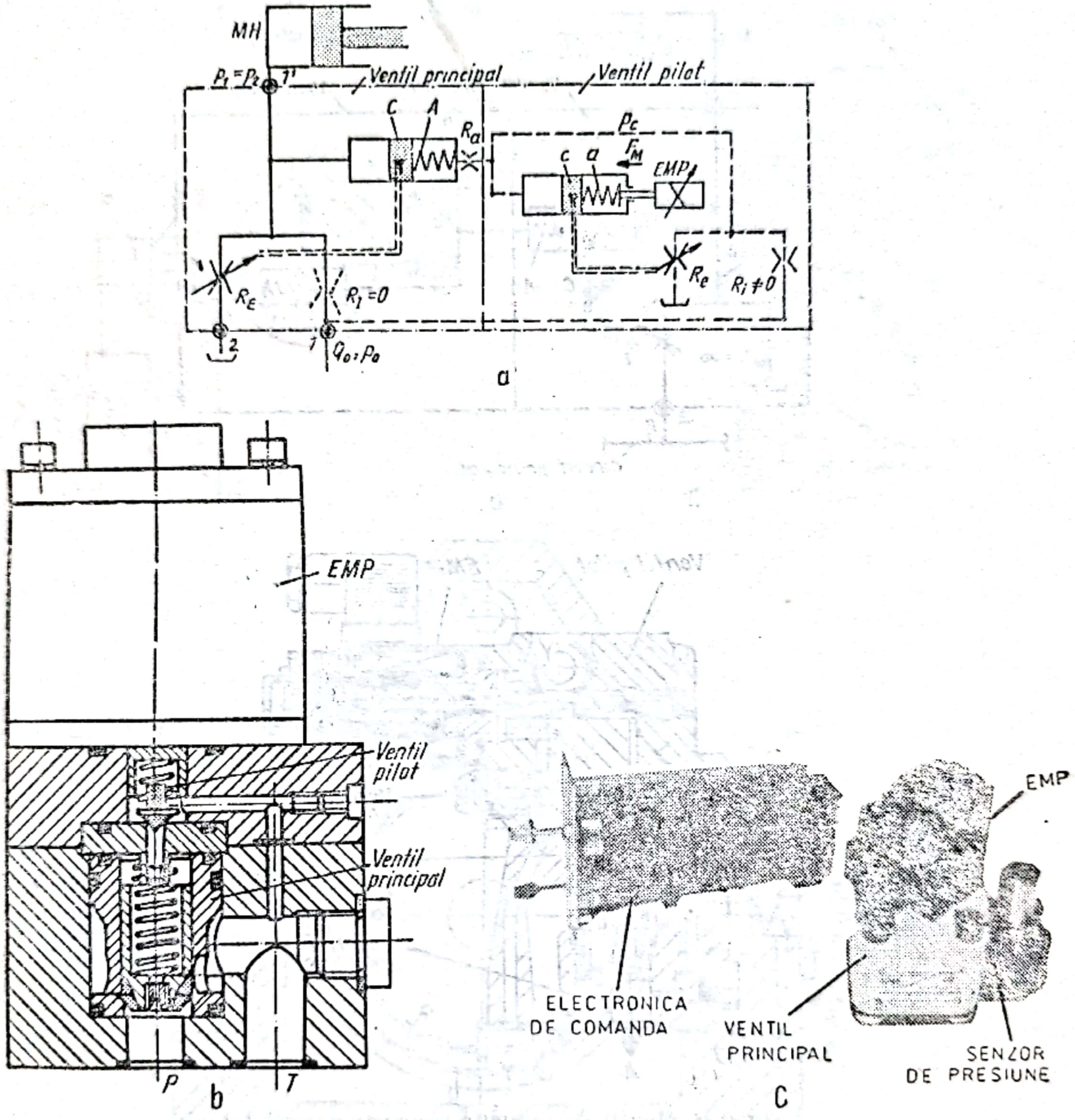


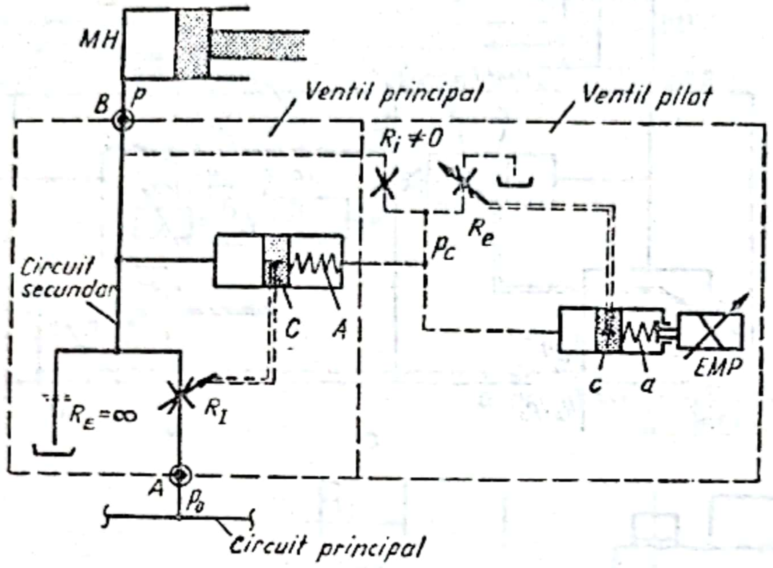
Fig. 9.20. Ventil limitator presiune proporțional pilotat.

mat electronic avînd o buclă de reacție cu senzor de presiune, în echipamentul electronic făcîndu-se comparația între valoarea reală a presiunii și cea programată.

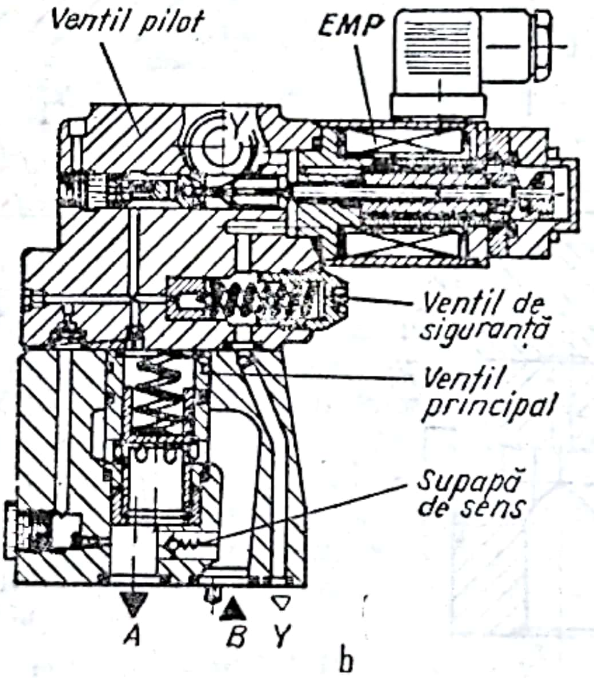
Cu ajutorul *EMP* se pot realiza și alte funcții de reglaj al presiunii, dintre care una semnificativă este aceea de reducție. În fig. 9.21, se pre-

Scanned with OKEN Scanner

zintă varianta funcțională (*a*) și constructivă (*b*) a unui ventil pilotat. Acest ventil, spre deosebire de cel de limitare a presiunii, are rezistența R_I normal deschisă. El asigură, într-un circuit secundar, o presiune programată și mai mică decît aceea dintr-un circuit principal, chiar dacă consumatorul din circuitul secundar (motorul hidraulic *MH*) este oprit.



a



b

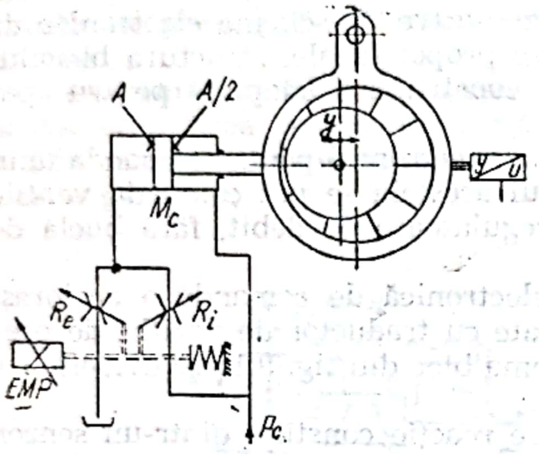
Fig. 9.21. Ventil de reducție proporțional pilotat.

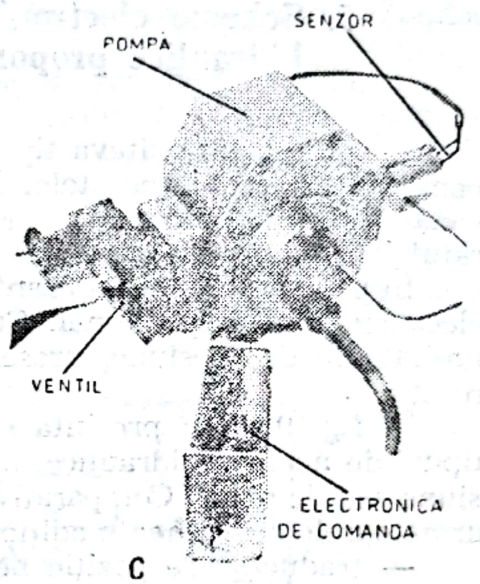
e. Pompe proporționale. Ventilele proporționale pot servi și pentru comanda după program a debitelor și presiunilor pompelor reglabile (cu pistonașe axiale și radiale sau cu palete).

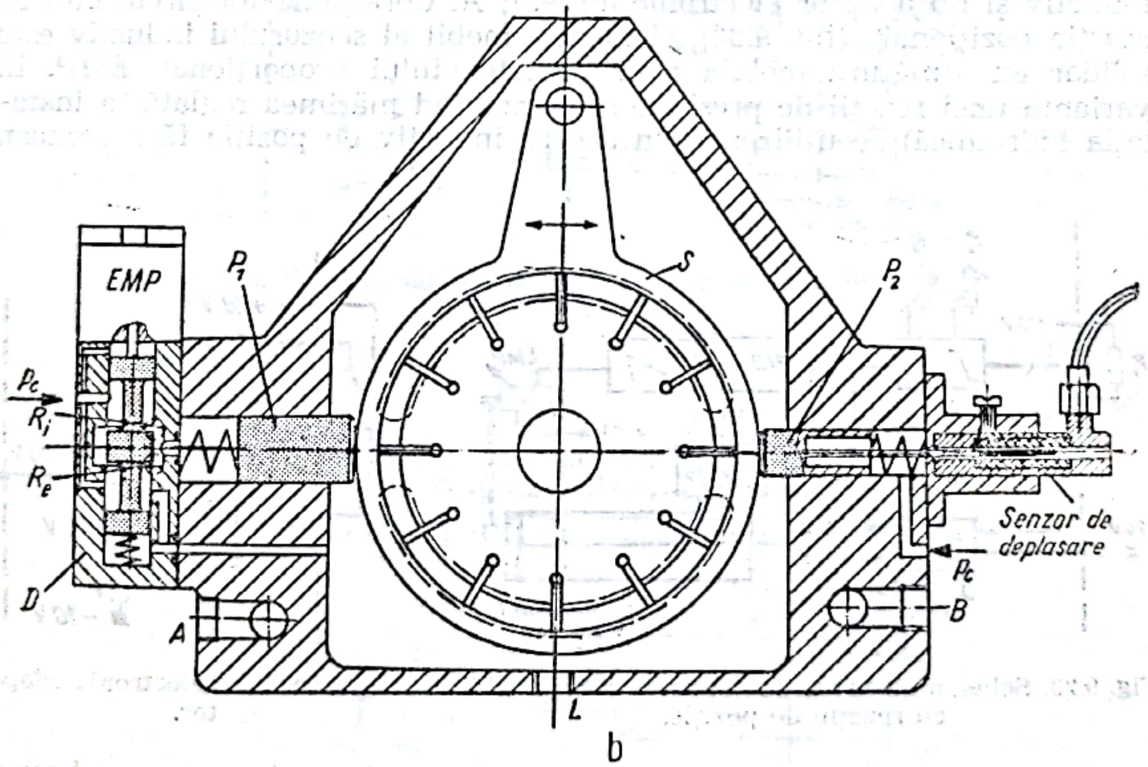
În fig. 9.22 se prezintă o pompă cu palete al cărei debit se reglează proporțional prin deplasarea inelului statoric de către motorul de comandă M_c (realizat fizic prin două pistoane separate, P_1 și P_2, avînd unul

aria dublă față de celălalt). Dacă cele două rezistențe R_i și R_e (realizate printr-un distribuitor cu două muchii de comandă, D) sînt egale, între ele va fi prezentă presiunea $p_c/2$, situație în care motorul M_c este oprit. În cazul unui semnal la *EMP* presiunea dintre cele două rezistențe va varia în domeniul de la 0 la p_c, cauzînd deplasarea inelului statoric. Senzorul

Fig. 9.22. Pompă cu palete comandată proporțional.







de deplasare inductiv, y/u, este cuprins într-o buclă de reacție pentru reglajul automat al poziției y. Fără această buclă de reacție reglajul debitului nu ar avea loc deoarece, la aplicarea unui semnal electric la *EMP*, inelul statoric se va deplasa pînă la tamponare.

Scanned with OKEN Scanner

O astfel de pompă a fost realizată de autori în cadrul Laboratorului de acționări hidraulice al Institutului Politehnic Cluj-Napoca, fiind destinată, cu prioritate, pentru mişcarea principală a maşinilor de rectificat plan.

5. Scheme electronice de comandă specifice aparaturii hidraulice proporţionale

Se prezintă cîteva tipuri reprezentative de scheme electronice de comandă destinate aparatelor hidraulice proporţionale, structura blocului electronic fiind determinată de soluţia constructivă adoptată pentru aparatul hidraulic.

În paragraful 3 s-a prezentat schema electronică pentru comanda unui electromagnet proporţional. Cu ajutorul acesteia se pot comanda ventile limitatoare de presiune, drosele sau regulatoare de debit, fără buclă de reacţie.

În fig. 9.23 se prezintă schema electronică de comandă a aceloraşi tipuri de aparate hidraulice, dar echipate cu traductor de poziţie, de presiune sau de debit. Comparativ cu schema bloc din fig. 9.10 se evidenţiază următoarele componente adiţionale:

— traductor de poziţie pe bucla de reacţie constînd dintr-un senzor inductiv şi un adaptor electronic aferent, *A*. Corespunzător circuitului de reacţie poziţională (fig. 9.23), elementul mobil al senzorului inductiv este solidar cu armătura mobilă a electromagnetului proporţional, *EMP*. În varianta unei reacţii de presiune (reprezentînd mărimea reglată în instalaţia hidraulică) se utilizează un senzor inductiv de poziţie fără contact,

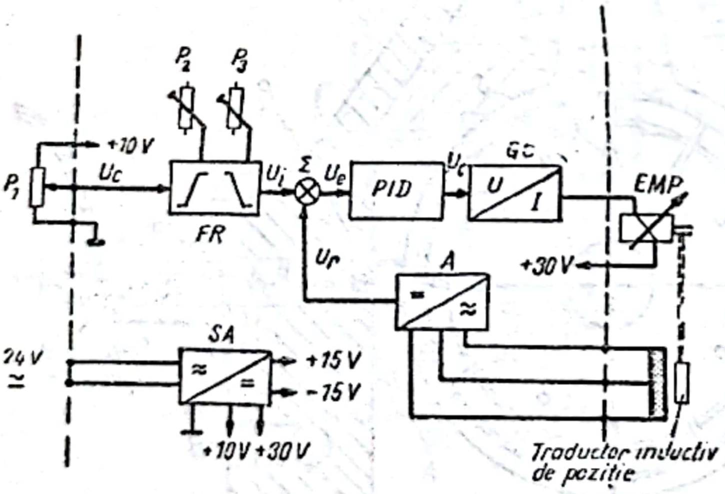


Fig. 9.23. Schema electrică de comandă a unui EMP cu reacţie de poziţie.

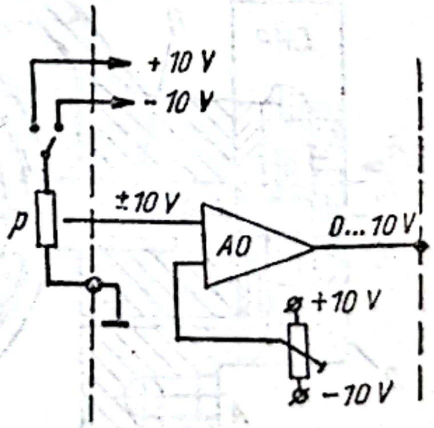


Fig. 9.24. Bloc electronic adaptor.

conversia presiune-deplasare realizîndu-se cu ajutorul unei membrane elastice;

— regulator electronic, *PID*, care primeşte la intrare semnalul de eroare U_e (obţinut în urma comparaţiei mărimii de referinţă U_i cu mărimea de reacţie U_r) şi elaborează la ieşire mărimea de comandă U_c pen-

Scanned with OKEN Scanner

tru generatorul de curent *GC*. La alegerea constantelor de integrare și derivare trebuie realizat un compromis între precizia de reglare și comportarea dinamică a sistemului.

Pentru comanda distribuitoarelor echipate cu un electromagnet proporțional și traductor inductiv de poziție, schema electronică de comandă este ca și cea prezentată anterior, cu mențiunea că, tensiunea de comandă fiind susceptibilă de semn, apare suplimentar blocul electronic adaptor prezentat în fig. 9.24.

În fig. 9.25 este prezentată schema bloc de comandă electronică destinată distribuitoarelor echipate cu doi electromagneți proporționali și reacție de poziție [27]. În raport cu schema din fig. 9.23, aici apar suplimentar:

— comparatorul cu histerezis *CH*, cu ajutorul căruia se anulează electronic acoperirea pozitivă dintre bucșa și sertarul distribuitorului (în cazul în care schema se utilizează pentru comanda distribuitoarelor cu acoperire pozitivă);

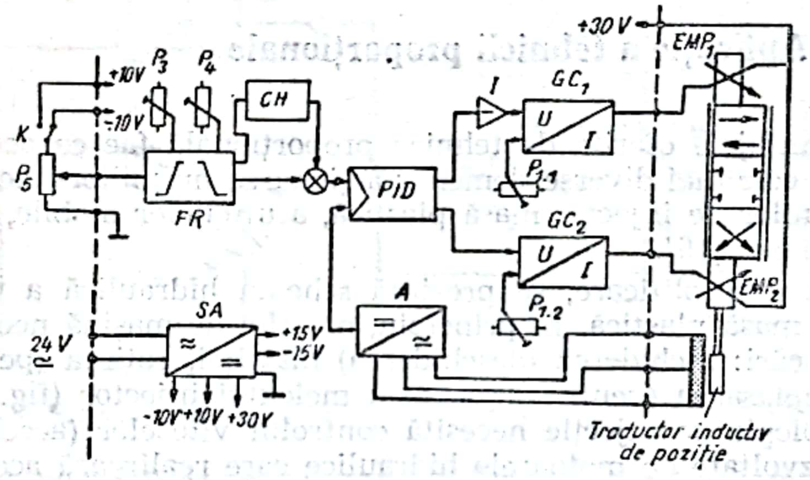


Fig. 9.25. Schema electronică de comandă a distribuitoarelor proporționale.

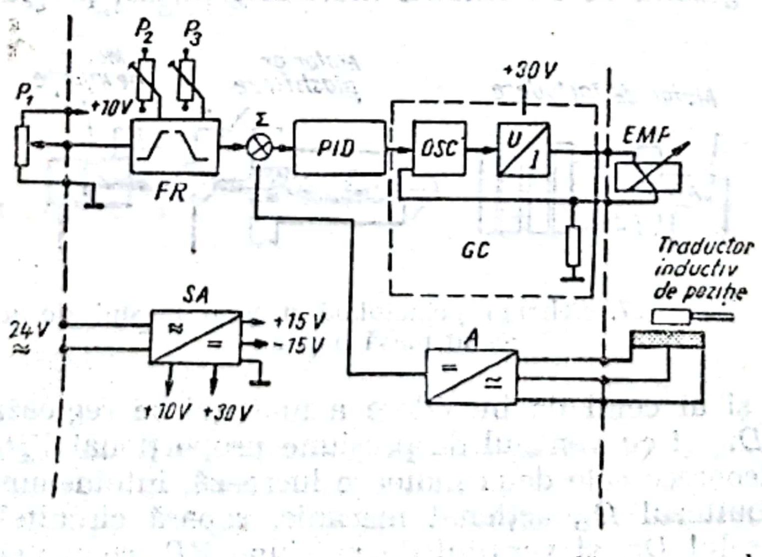


Fig. 9.26. Schema electronică de comandă a pompelor proporționale.

— inversorul *I*, care modifică semnul tensiunii de comandă aplicată la intrarea generatorului de curent *GC*1. Astfel, pentru tensiuni de comandă pozitive (0 ... +10 V), datorită inversorului *I*, generatorul GC1 furnizează bobinei electromagnetului *EMP*1 curentul minim (reglat prin potențiometrul *P* 1.1) și ca urmare, rămîne activ numai electromagnetul *EMP*2. Pentru tensiuni de comandă negative (0 ... —10) este activ numai electromagnetul EMP1 întrucît GC2 furnizează numai curentul de repaus (reglat prin *P*1.2) bobinei electromagnetului *EMP*2.

În fig. 9.26 este prezentată schema electronică pentru comanda pompelor cu palete proporționale. Electromagnetul proporțional *EMP* comandă un distribuitor de tipul 3/3 (semipunte tip *A*) prin intermediul căruia se reglează presiunea pe suprafața mare a pistonului de comandă, solidar cu inelul statoric al pompei (fig. 9.22). Cu ajutorul senzorului inductiv de poziție, din bucla de reacție, se confirmă și se menține excentricitatea inelului statoric, excentricitate care este programată cu potențiometrul *P*1.

6. Aplicație a tehnicii proporționale

Avantajele oferite de tehnica proporțională fac ca aceasta să fie utilizată în cele mai diverse domenii: acționarea mașinilor-unelte, a preselor, a mașinilor de injectat masă plastică, a utilajelor mobile, a utilajelor metalurgice etc. [19].

Pentru exemplificare, se prezintă schema hidraulică a unei mașini de injectat masă plastică. În principiu, o astfel de mașină necesită următoarele mișcări: închiderea (deschiderea) matriței, rotirea (pentru plastifiere) și deplasarea (pentru injecție) a melcului injector (fig. 9.27). Procesul tehnologic de injecție necesită controlul vitezelor (accelerațiilor) și forțelor dezvoltate de motoarele hidraulice care realizează aceste mișcări, deci, programabilitatea debitului și presiunii. Schema hidraulică de acționare este prezentată în fig. 9.28 [29]. Aici, sursa de energie hidraulică este pompa reglabilă *P*. Parametrii hidraulici (debit, presiune) ai moto-

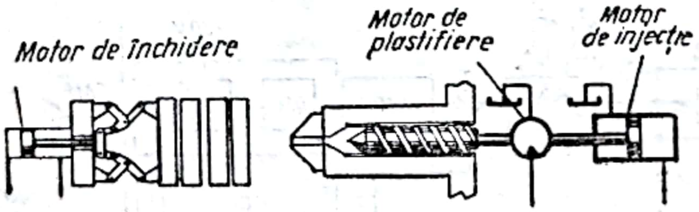


Fig. 9.27. Schema principială a unei mașini de injectat masă plastică.

rului rotativ și ai celui de închidere a matriței se reglează cu droselul proporțional Dr_1 și cu ventilul de presiune proporțional VP_1. Acest lucru este posibil deoarece cele două motoare lucrează, întotdeauna, în faze diferite. Distribuitorul D_1, acționat mecanic, separă circuitele celor două motoare. Droselul Dr_2 și ventilul de presiune VP_2 comandă proporțional parametrii motoarelor hidraulice de injecție și de extragere. Ventilul de

reducție VR împreună cu droselul Dr_2 formează un ventil regulator de debit. Ventilul de presiune VL are rolul de a extinde domeniul de reglare al droselului.

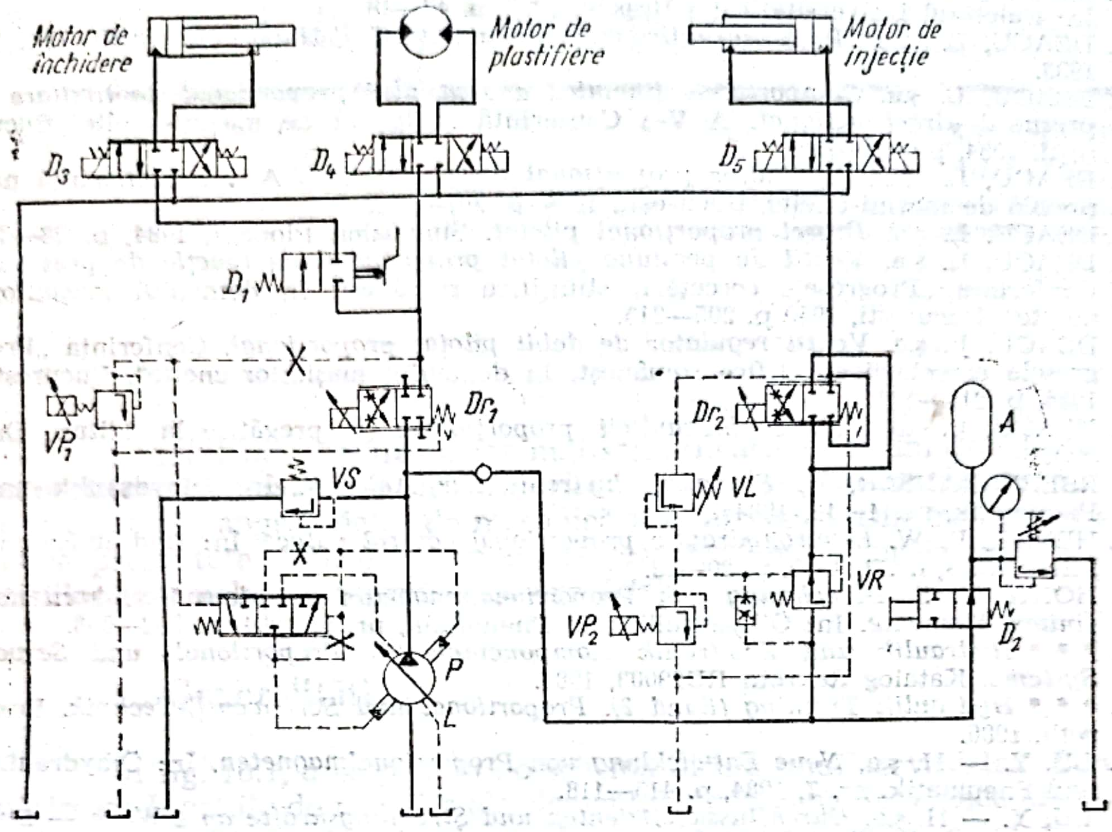


Fig. 9.28. Schema hidraulică a unei mașini de injectat masă plastică.

Circuitul poate fi conectat, prin distribuitorul D_2, la acumulatorul A, ceea ce asigură posibilitatea efectuării unor comenzi și atunci cînd pompa P este oprită. Distribuitoarele $D_3 \ldots D_5$ comandă sensul de deplasare al motoarelor hidraulice.

BIBLIOGRAFIE

1. BACKÉ, W. *Servohydraulik*, R.W.T.H. Aachen, 1984.
2. BACKÉ, W., HELDUSER, S. *Die Rolle der Fluidtechnik bei der Entwicklung neueartiger Maschinenkonzepte*. În: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 4, 1982, p. 217—227.
3. BARTHOLOMÄUS. R., KRETH, N. *Elektrisch yeregelte 2 — wege Einbauventile*. În: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 8. 1981, p. 617—624.
4. BLACKBURN, J. ș.a. *Mécanismes et servomécanismes à fluid sous pression*. Paris, Dunod, 1966.
5. DAHM, B. *Dynamische Untersuchungen an Proportional und servoventilen*. În: Industrie Anzeiger, nr. 103 1977, p. 2081—2085.

Scanned with OKEN Scanner

6. DEACU, L. ş.a. *Asupra realizării ventilului maximal proporţional în acţionarea hidraulică după program.* Simpozionul „Realizări şi orientări în fabricarea utilajelor termoenergetice, metalurgice şi de deformări plastice", Cluj-Napoca, 19—21 noiembrie. 1981.
7. DEACU, L. ş.a. *Neue Methoden zur Steuerung von Druckbegrenzungsventilen.* In: Buletinul Universităţii din Braşov, 1982, p. 43—48.
8. DEACU, L. şi POP, I. *Hidraulica maşinilor-unelte.* Cluj-Napoca, Litografia IPC-N, 1983.
9. DEACU, L. ş.a. *Comportarea dinamică a ventilului proporţional de limitare a presiunii direct acţionat.* A V-a Conferinţă naţională de maşini-unelte, Bucureşti, 1984, p. 150—156.
10. DEACU, L. ş.a. *Distribuitor proporţional direct acţionat.* A V-a Conferinţă naţională de maşini-unelte, Bucureşti, 1984, p. 207—211.
11. DEACU, L. ş.a. *Drosel proporţional pilotat.* Simpozion Plopeni, 1984, p. 28—33.
12. DEACU, L. ş.a. *Ventil de presiune pilotat proporţional cu reacţie de presiune.* Conferinţa „Progresele cercetării ştiinţifice româneşti în domeniul maşinilor-unelte", Bucureşti, 1980 p. 205—215.
13. DEACU, L. ş.a. *Ventil regulator de debit pilotat proporţional.* Conferinţa „Progresele cercetării ştiinţifice româneşti în domeniul maşinilor-unelte", Bucureşti, 1986, p. 215—223.
14. DEACU, L. ş.a. *Tehnica hidraulicii proporţionale* (în pregătire la Editura Dacia).
15. EBERTSHAUSER, H. *Plannung hydraulischer Anlagen.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 1—12, 1984.
16. HENKE, R. W. *Electrohydraulic proportional control valves.* In: Hydraulics and Pneumatics, nr. 4, 1985, p. 20—32.
17. HONG, Y. S. *Berechnung von Proportionalmagneten mit dem Verfahren der finiten Elemente.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 9, 1984, p. 552—558.
18. * * * *Hydraulik und Elektronik Komponenten für Proportional- und Servo-Systeme.* Katalog Rexroth RD29003, 1986.
19. * * * *Hydraulik Training (Band 2). Proportional und Servoventil-Technik.* Rexroth, 1986.
20. LU, Y. — H. ş.a. *Neue Entwicklung von Proportionalmagneten.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 7, 1984, p. 415—418.
21. LU, Y. — H. ş.a. *Durchflusskoefizienten und Strömungskräfte an 2-Wege — Einbauventilen.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 1 1982, p. 33—36.
22. LEE, Y. — H. SONG, C. — S. *Untersuchungen an einem Proportionalmagneten.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 6 1981, p. 497—499.
23. MÎNDRU, GH. şi RĂDULESCU, M. M. *Analiza numerică a cîmpului electromagnetic.* Cluj-Napoca, Editura Dacia, 1986.
24. * * * *Proportionalventile.* Katalog 1.987.761.301, Bosch-Hydraulik, 1986.
25. RĂDULESCU, M. M. ş.a. *Calculul iterativ al caracteristicii statice a unui electromagnet proporţional.* In: Buletinul Ştiinţific al Institutului Politehnic Cluj-Napoca, Seria Electrotehnică—Energetică—Informatică, 1985, p. 33—40.
26. * * * *Regelventile.* Katalog 1.987.761.302, Bosch Hydraulik, 1985.
27. ROMES, R. BLAZEK, J. *Elektronik für Fluidtechnicher.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 9, 1981, p. 65—68.
28. STROE, Gh. RAŢIU, C. DEACU, L. *Distribuitor proporţional direct acţionat cu reacţie de poziţie.* Conferinţa „Progresele cercetării româneşti în domeniul maşinilor-unelte", Bucureşti, 1986, p. 223.
29. TITTMANN, E. *Energiesparende Antriebe für Spritzgiessmaschinen.* In: Ölhydraulik und Pneumatik, nr. 3, 1981, p. 179—184.

Scanned with OKEN Scanner

10

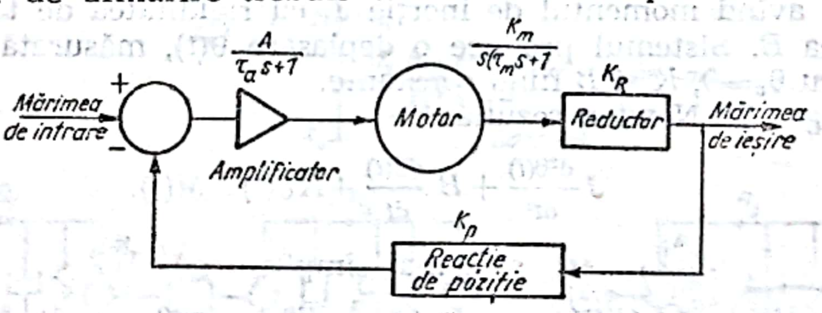
Studiu privind utilizarea transmisiilor cu roţi dinţate în servosisteme

Ing. *Săndel Mihai*
Ing. *Adrian Gâlcă*
Institutul de Cercetări Ştiinţifice şi Inginerie Tehnologică pentru Echipamente Mecanice

Studiul face analiza celor mai semnificative noţiuni din domeniul *servosistemelor analogice de urmărire rapidă* care au implicaţii directe în proiectarea angrenajelor de mecanică fină aferente. Din exemplele sintetice prezentate decurg recomandări practice pentru proiectarea transmisiilor sistemelor mecatronice de urmărire.

1. Generalităţi

În fig. 10.1, *a* se prezintă o schemă bloc a unui servosistem de urmărire cu funcţiile de transfer ale elementelor componente. Proiectarea servosistemelor de urmărire trebuie să vină în întîmpinarea cerinţelor de



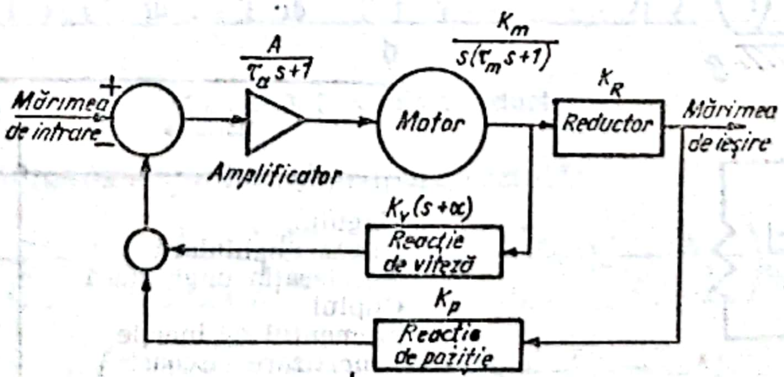


Fig. 10.1. Scheme bloc de servosisteme.

stabilitate, precizie, răspuns tranzitoriu etc., recurgînd la un compromis între mărimea admisibilă a abaterii staționare și gradul dorit de stabilitate.

Cînd una dintre aceste mărimi este prea mare, sistemul trebuie „corectat". Corecțiile servosistemelor pot fi de tip serie, cînd se introduce o rețea cu o configurație adecvată de zerouri și poli în calea directă, sau de tip paralel, cînd rețeaua de corecție este introdusă în calea de reacție a servosistemului. Utilizarea acestei ultime metode, conduce în mod obișnuit la sisteme cu bucle multiple, folosite cu prioritate la servosistemele la care semnalul de intrare este de c.a.

În fig. 10.1, *b* se prezintă schema bloc a unui servosistem cu reacție de viteză, care este cel mai des utilizat în sistemele de urmărire rapidă. Blocurile din figură care interesează în mod deosebit proiectanții mecanici sînt mecanismele cu roți (reductoare). Acestea au frecvent module mici, necesită condiții constructive specifice și o calitate ridicată, deoarece au funcții importante, cum ar fi:

— adaptarea caracteristicilor motorului la cele ale sarcinii (cuplu ridicat și viteză mică);

— acordarea factorului de amplificare al sistemului închis;

— adăugarea sau scăderea unor semnale mecanice;

— schimabarea stării în sistemele cu două viteze;

— inversarea sensului de rotație;

— adaptarea motorului cu unele traductoare care au un domeniu mic de variație unghiulară.

În principiu, un mecanism cu roți dințate este un sistem rotațional. Cele trei componente matematice ale sistemelor rotaționale sînt momentul de inerție, rigiditatea elastică și amortizarea vîscoasă.

Se definește configurația din fig. 10.2 în care cuplul $M(t)$ este aplicat unui rigid avînd momentul de inerție J, cu rigiditatea de torsiune K și amortizarea B. Sistemul produce o deplasare $\theta(t)$, măsurată din poziția de echilibru $\theta_0=0$, K și B fiind constante.

Din legea lui Newton rezultă:

$$J\frac{d^2\theta(t)}{dt^2}+B\frac{d\theta(t)}{dt}+K\theta(t)=M(t). \qquad (1)$$

sau, mai simplu,

$$J\frac{d^2\theta}{dt^2}+B\frac{d\theta}{dt}+K\theta=M. \qquad (2)$$

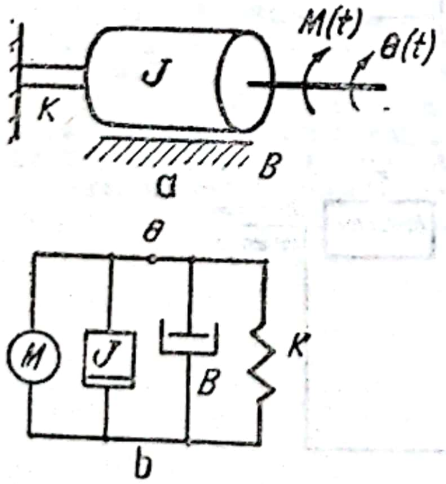


Fig. 10.2. Sistem mecanic rotațional.

Mărimea	Simbolul utilizat
Unghiul	θ
Viteza unghiulară	ω
Accelerația unghiulară	ε
Cuplul	M
Momentul de inerție	J
Amortizare vîscoasă	B
Rigiditate elastică	K

Scanned with OKEN Scanner

Cînd sarcina S este cuplată la un motor care conduce prin intermediul unui mecanism cu roţi de obicei reductor (fig. 10.3), ecuaţiile care descriu sistemul sînt:

$$J_1 \frac{d^2\theta_1}{dt^2} + B_1 \frac{d\theta_1}{dt} + K_1\theta_1 + M_1 = M; \tag{3}$$

$$J_2 \frac{d^2\theta_2}{dt^2} + B_2 \frac{d\theta_2}{dt} + K_2\theta_2 + M_3 = M_2; \tag{4}$$

$$J_3 \frac{d^2\theta_3}{dt^2} + B_3 \frac{d\theta_3}{dt} + K_3\theta_3 + M_s = M_4; \tag{5}$$

$$\theta_2 = \theta_1 / i_{1,2}; \tag{6}$$

$$\theta_3 = \theta_2 / i_{3,4}; \tag{7}$$

$$i_{1,2} = \theta_1/\theta_2 = z_2/z_1; \tag{8}$$

$$i_{3,4} = \theta_2/\theta_3 = z_4/z_3; \tag{9}$$

$$M_2 = i_{1,2} M_1; \tag{10}$$

$$M_4 = i_{3,4} M_3, \tag{11}$$

unde z_1, z_2, z_3, z_4 sînt numerele de dinţi ale roţilor *1, 2, 3, 4*, iar $i_{1,2}$ şi $i_{3,4}$, sînt rapoartele lor de transmitere.

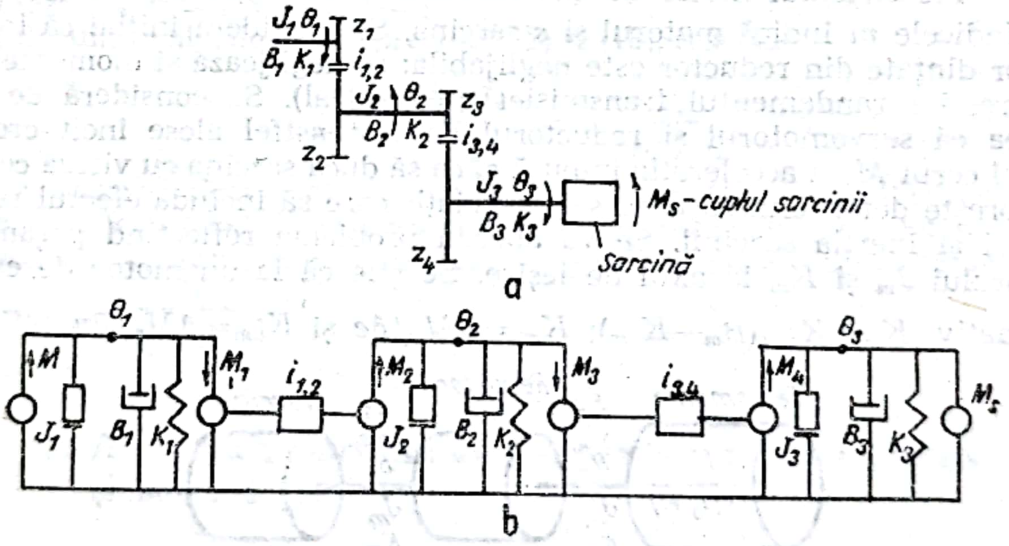


Fig. 10.3. Mecanism reductor.

Prin combinarea ecuaţiilor şi grupare rezultă:

$$\left(J_1 + \frac{J_2}{i_{1,2}^2} + \frac{J_3}{i_{1,2}^2\, i_{3,4}^2}\right)\frac{d^2\theta_1}{dt^2} + \left(B_1 + \frac{B_2}{i_{1,2}^2} + \frac{B_3}{i_{1,2}^2\, i_{3,4}^2}\right)\frac{d\theta_1}{dt} +$$

$$+ \left(K_1 + \frac{K_2}{i_{1,2}^2} + \frac{K_3}{i_{1,2}^2\, i_{3,4}^2}\right)\theta_1 + \frac{M_s}{i_{1,2}\, i_{3,4}} = M. \tag{12}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuaţia reprezintă performanţele sistemului ca o funcţie de o singură variabilă, unghiul de intrare $\theta_1(t)$. Un sistem echivalent este cel care are moment de inerţie echivalent, amortizare şi rigiditate echivalentă:

$$J_{echiv}=J_1+J_2/i^2_{1,2}+J_3/(i^2_{1,2}\, i^2_{3,4}); \quad (13)$$

$$B_{echiv}=B_1+B_2/i^2_{1,2}+B_3/(i^2_{1,2}\, i^2_{3,4}); \quad (14)$$

$$K_{echiv}=K_1+K_2/i^2_{1,2}+K_3/(i^2_{1,2}\, i^2_{3,4}). \quad (15)$$

Ecuaţia (12) devine

$$J_{echiv}\frac{d^2\theta_1}{dt^2}+B_{echiv}\frac{d\theta_1}{dt}+K_{echiv}\theta_1+M_s/(i_{1,2}i_{3,4})=M. \quad (16)$$

Se poate aborda problema şi reflectînd parametrii motorului la axul de ieşire, substituind $\theta_1=i_{1,2}i_{2,3}\theta_3$.

Ecuaţia se poate generaliza de la trei la n axe pînă la sarcină.

2. Analiza funcţiei de transfer a sistemului: motor de c.a. — reductor-sarcină

Fie sistemul motor de c.a. reductor-sarcină din fig. 10.4.

Indicele m indică motorul şi s sarcina. Se consideră iniţial că inerţia roţilor dinţate din reductor este neglijabilă; se neglijează şi momentele de frecare, iar randamentul transmisiei $\eta=1$ (ideal). Se consideră de asemenea că servomotorul şi reductorul au fost astfel alese încît creează cuplul cerut M_s şi acceleraţia impusă ε_s ca să ducă sarcina cu viteza cerută. Se doreşte determinarea unui set de relaţii care să includă efectul reductorului şi inerţia sarcinii. Se va aborda problema reflectînd parametrii motorului J_m şi K_m la axul de ieşire. Se ştie că la un motor de curent alternativ, $K_m=K_{em}/(B_m-K_{nm})$; $K_{em}=\partial M_m/\partial e$ şi $K_{nm}=\partial M_m/\partial n$, (17)

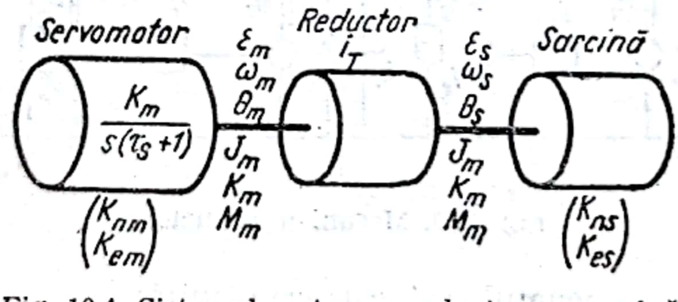


Fig. 10.4. Sistemul motor — reductor — sarcină.

unde K_{nm} este constanta de turaţie a motorului; K_{em} — constanta de tensiune a motorului; M_m — cuplul motor; n — turaţia motorului; e — tensiunea de comandă; B_m — amortizarea vîscoasă.

Sa calculează K_{ns} şi K_{es} (constantele de turaţie, respectiv de tensiune ale sarcinii).

Scanned with OKEN Scanner

Cuplul la sarcină se multiplică cu i_T iar turația n se reduce cu i_T (i_T — raportul de transmitere al reductorului):

$$K_{ns}=\frac{i_T\cdot\partial M_m}{\partial n/i_T}=i_T^2\cdot\frac{\partial M_m}{\partial n}=i_T^2K_{nm};\quad K_{ns}=i_T^2K_{nm} \tag{18}$$

Cuplul care conduce sarcina în cazul lui K_{es} se multiplică cu i_T, dar curentul de ieșire este independent de i_T. Deci

$$K_{es}=i_TK_{em} \tag{19}$$

Din ecuația conservării energiei se deduce efectul inerției motorului reflectat la axul sarcinii: $(1/2)J_m\omega_{m2}^2=(1/2)J_{m\ redus}\ \omega_S^2$,

care devine $(1/2)J_m\omega_m^2=(1/2)J_{m\ redus}\ (\omega_m/i_T)^2$ (20)

și de aici $J_{m\ redus}=J_mi_T^2$. (21)

Inerția totală la ieșire $J_{Ts}=J_mi_T^2+J_s$. (22)

În ipoteza $B_m\ll K_{nm}$, rezultă $K_m\approx-K_{em}/K_{nm}=K_{em}/|K_{nm}|$, (23)

deoarece $K_{nm}<0$.

Înlocuind ecuațiile (18) și (19) în ecuația (23), rezultă

$$K_s=(1/i_T)K_m. \tag{24}$$

unde $K_s=K_{es}/K_{ns}$.

Rezultă că, în cazul interpunerii între motor și sarcină a unui reductor ideal, constanta motorului este micșorată de i_T ori.

Timpul de răspuns pentru un motor de curent alternativ este $\tau=J_m/(B_m-K_{nm})$.

În ipoteza $B_m\ll K_{nm}$, $\tau=J_m/|K_{nm}|$. (25)

Înlocuind valorile din expresiile (22) și (18), rezultă

$$\tau_{total}=\frac{J_mi_T^2+J_s}{i_T^2|K_{nm}|}=\tau+\frac{J_s}{|K_{nm}|\,i_T^2}. \tag{26}$$

Se observă deci *o creștere a constantei de timp* datorită inerțiilor adăugate. *Efectul net al reductorului și sarcinii inerțiale într-un servosistem reduce constanta motorului K_m de i_T ori și crește constanta de timp cu termenul* $\frac{Js}{i_T^2|K_{nm}|}$.

3. Alegerea raportului de reducere optim între motor și sarcină [1]

Se consideră sistemul din fig 10.4 în ipotezele prezentate acolo, cu excepția că reductorul nu este încă ales și că singurul parametru important este accelerația sarcinii ε_s.

De obicei se cunoaște momentul de inerție al sarcinii J_s, se alege un motor de serie, din cele disponibile, cu J_m și M_m date în catalog și se urmărește determinarea raportului de reducere total optim i_T. Se scrie ecuația de echilibru a momentelor reduse la axul motorului:

$$M_m=J_m\varepsilon_m+(J_s/i_T^2)\,\varepsilon_m=J_m\varepsilon_si_T+(J_s/i_T^2)\varepsilon_si_T=\varepsilon_s\,(J_mi_T+J_s/i_T), \tag{27}$$

unde $\varepsilon_s=d^2\theta_s/dt^2$; $\varepsilon_m=d^2\theta_m/dt^2$; $\varepsilon_s=\varepsilon_si_T$. (28)

Scanned with OKEN Scanner

Din (27) rezultă $\varepsilon_s = \frac{d^2\theta_s}{dt^2} = \frac{M_m}{J_m i_T + J_s/i_T}$. (28)

Se notează cu $A = M_m/J_s$ şi $B = J_m/J_s$ şi ecuaţia devine

$$\varepsilon_s = A/(Bi_T + 1/i_T) \text{ sau } \varepsilon_s = Ai_T/(Bi_T^2 + 1). \quad (29)$$

Derivînd relaţia în raport cu i_T, rezultă

$$d\varepsilon_s/di_T = A(1 - Bi_T^2)/(Bi_T^2 + 1)^2 \quad (30)$$

care se anulează cînd $i_T^2 = 1/B$ sau $i_T = \sqrt{1/B} = \sqrt{J_s/J_m}$. (31)

Deci raportul total optim se realizează pentru un reductor ideal cînd

$$i_T = \sqrt{J_s/J_m}. \quad (31)$$

În felul acesta se maximizează funcţia ε_s prin înlocuirea în ecuaţia (29) a lui $i_T = \sqrt{1/B}$

$$\varepsilon_{s\,max} = A/(2\sqrt{B}) = M_m/(2\sqrt{J_m J_s})$$

$$\varepsilon_{s\,max} = M_m/(2\sqrt{J_m J_s}) \quad (32)$$

Sau, înlocuind tot în ecuaţia (29) pe $B = 1/i_T^2$, rezultă

$$\varepsilon_{s\,max} = (A/2)i_T. \quad (33)$$

Deci, locul geometric al maximului la variaţia datelor mecanice este o dreaptă ce trece prin origine.

În fig. 10.5 s-au reprezentat curbele $\varepsilon_s/A = i_T/(Bi_T^2 + 1)$, $\varepsilon_{s\,max}/A = (1/2)i_T$ şi $i_T^2 = J_s/J_m$. Se poate remarca faptul că A reprezintă chiar acceleraţia unghiulară pe care ar căpăta-o sarcina (fără J_m) acţionată de cuplul motor M_m.

Relaţia (32) conduce la următoarele indicaţii constructive pentru proiectantul de aparate de urmărire:

- *sarcina trebuie astfel dimensionată încît să aibă moment de inerţie minim*
- *servomotorul ales trebuie să aibă de asemenea moment de inerţie minim (viteză mare şi rotor mic)*
- *în acest caz ideal raportul de demultiplicare rezultă din relaţia (31) şi din considerente cinematice.*

Se poate scrie acum puterea N_S transmisă sarcinii:

$$N_S = J_s \varepsilon_s \omega_s = \frac{J_s}{J_m i_T + J_s/i_T} M_m \cdot \frac{\omega_m}{i_T} = \frac{J_s}{J_m i_T^2 + J_s} \cdot N_m \quad (34)$$

şi, notînd cu $q = \frac{J_s}{(J_m i_T^2 + J_s)}$, rezultă $N_s = qN_m$.

Se observă că dacă $i_T = \sqrt{J_s/J_m}$, se obţine $q = 0{,}5$ deci $N_s = 0{,}5\ N_m$.

De aici rezultă o concluzie importantă: *puterea necesară accelerării sarcinii este egală (în acest caz ideal) cu cea necesară accelerării pieselor mobile ale servomotorului.*

În cazul cînd J_m este impus de aplicație (rar), pentru determinarea optimului pentru i_T se procedează în mod similar și se notează $M_m/J_m=C$ și $J_s/J_m=D$, date care înlocuite în (28), duc la

$$\varepsilon_s=C/(i_T+D/i_T). \qquad (35)$$

Derivînd și egalînd cu zero, se obține accelerația unghiulară maximă pentru $i_T=\sqrt{D}=\sqrt{J_s/J_m}$.

Rezultă că *valoarea maximă este aceași ca în cazul precedent*. Din relația $\varepsilon_{s\,max}=C/(2i_T)$ se deduce locul geometric al maximului la variația parametrilor mecanici, care este o hiperbolă echilateră rotită la 45°. În fig. 10.6 s-au reprezentat curbele $\varepsilon_s/C=i_T/(i_T^2+D)$, $\varepsilon_{s\,max}/C=1/(2i_T)$ și $i_T^2=J_s/J_m$.

Alegerea raportului de transmitere pune probleme mai complexe în cazul în care se impune ω_s minim de urmărire și ε_s sau un timp minim în care sarcina să ajungă la ω_s. În acest caz se calculează mărimea ε_s/ω_s, considerată ca principal criteriu al proprietăților dinamice ale sistemului:

$$\frac{\varepsilon_s}{\omega_s}=\frac{M_{pm}}{(J_m+J_{reductor})(1+\delta J_s)\omega_m}\left(1-\frac{N_s}{N_p}\right), \qquad (36)$$

în care: M_{pm} este cuplul de pornire al motorului; $\delta J_s=J_s/(i_T^2\cdot J_m)$; N_p —

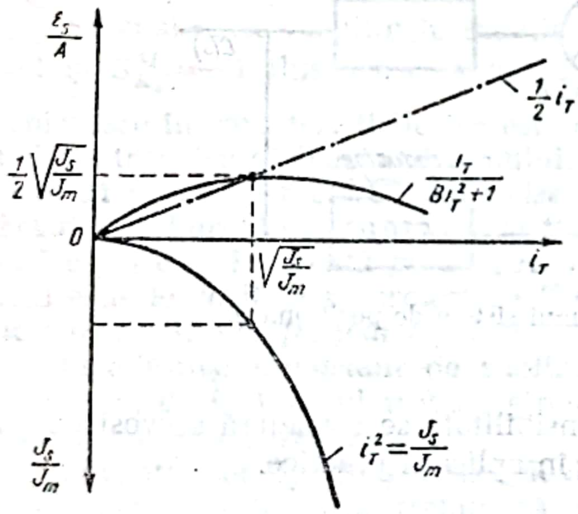


Fig. 10.5. Diagrama accelerației unghiulare funcție de i_T cînd se cunoaște J_s.

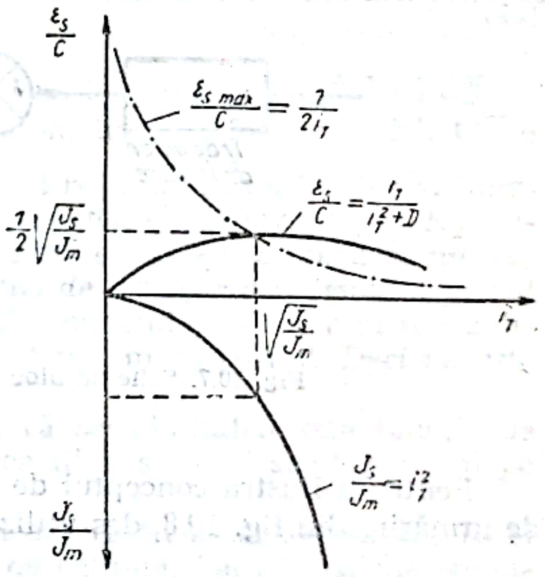


Fig. 10.6. Diagrama accelerației unghiulare funcție de i_T cînd se cunoaște J_m.

puterea de pornire; N_s — puterea sarcinii statice cu considerarea pierderilor în reductor $N_s=N_{ss}+N_{s\,red}$, unde $N_{ss}=\omega_s M_s/\eta$ și $N_{s\,red}=\omega_m M_{r\,redus}$.

Pentru un motor ales condiția obținerii accelerației maxime este maximul mărimii $M_m/(J_m+J_{reductor})$. (37)

Notînd cu $(\varepsilon_s/\omega_s)_p$ raportul impus prin temă, condiția unei bune dinamici este ca ε_s/ω_s determinat cu relația (36) să fie mai mare decît $(\varepsilon_s/\omega_s)_p$.

Scanned with OKEN Scanner

4. Influența jocului de flanc al mecanismelor cu roți dințate asupra sensibilității sistemelor de urmărire

În servosistemele de urmărire rapide una dintre caracteristicile esențiale este sensibilitatea sistemului. Pentru sistemele automate cu buclă de reacție se definește sensibilitatea sistemului S_K^M față de un element K, astfel (fig. 10.7) [3].

$$S_K^M = \frac{d \ln M(s)}{d \ln K(s)}, \tag{38}$$

cu funcția de transfer globală $M(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_1 G(s)}{1 + K_2 G(s)}$

unde: $R(s)$ este transformata Laplace a semnalului de intrare; $G(s)$ — funcția de transfer a căii directe; $K_2(s)$ — funcția de transfer a reacției; $C(s)$ — transformata Laplace a semnalului de ieșire; $B(s) = K_2(s) \times C(s)$.

Sensibilitatea este deci o măsură a dependenței caracteristicilor unui sistem de cele ale unui element particular al său. Definiția este adevărată doar pentru variații mici. Sensibilitatea este o funcție de frecvență și un sistem ideal are o sensibilitate zero față de orice parametru.

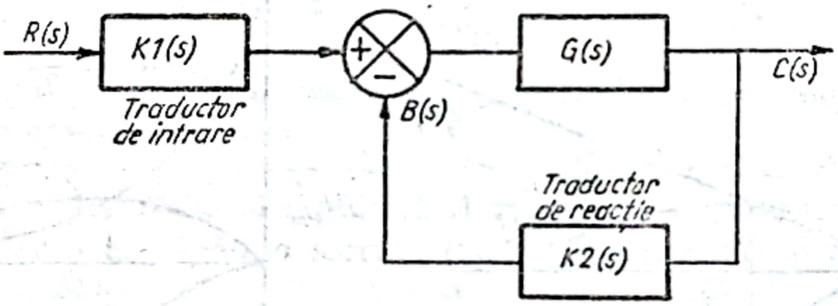


Fig. 10.7. Schema bloc a unui sistem de poziționare.

Pentru a ilustra conceptul de sensibilitate se consideră servosistemul de urmărire din fig. 10.8, des utilizat în aplicații practice.

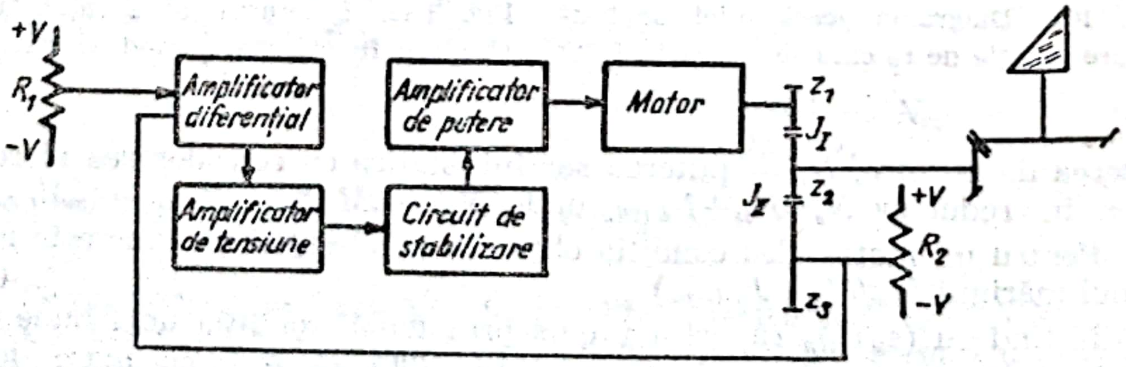


Fig. 10.8. Sistem automat de urmărire.

Scanned with OKEN Scanner

Se determină:

— sensibilitatea lui M față de K_1

$$S_{K_1}^{M}=\frac{\mathrm{d}M/M}{\mathrm{d}K_1/K_1}=\frac{K_1}{M}\cdot\frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}K_1},\ \text{unde}\ \frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}K_1}=\frac{G}{1+K_2G}=\frac{M}{K_1},\tag{39}$$

deci $S_{K_1}^{M}=\frac{K_1}{M}\cdot\frac{M}{K_1}=1;$

— sensibilitatea lui M față de K_2

$$S_{K_2}^{M}=\frac{\mathrm{d}M/M}{\mathrm{d}K_2/K_2}=\frac{K_2}{M}\cdot\frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}K_2},\ \text{unde}\ \frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}K_2}=\frac{-K_1G^2}{(1+K_2G)^2}=\frac{-K_1^2G^2}{K_1(1+K_2G)^2},$$

deci $S_{K_2}^{M}=\frac{K_2}{M}\cdot\frac{-K_1^2\cdot G^2}{K_1(1+K_2G)^2}=-\frac{K_2M^2}{MK_1}=-\frac{K_2G}{1+K_2G};$

pentru cazul cînd $K_2G\gg 1,\quad S_{K_1}^{M}=-1;$ (40)

— sensibilitatea lui M față de G

$$S_{G}^{M}=\frac{\mathrm{d}M/M}{\mathrm{d}G/G}=\frac{G}{M}\cdot\frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}G},\ \text{unde}\ \frac{\mathrm{d}M}{\mathrm{d}G}=\frac{K_1}{(1+K_2G)^2},$$

deci, $S_{G}^{M}=\frac{G}{M}\cdot\frac{K_1}{(1+K_2G)^2}=\frac{1}{1+K_2G}.$ (41)

Se analizează rezultatele ecuațiilor (39), (40) și (41). Faptul că $S_{K_1}^{M}=1$ și $S_{K_2}^{M}=-1$ ilustrează că acești parametri sînt foarte critici. Orice schimbare în caracteristicile lor este direct reflectată în schimbarea funcției de transfer globale a sistemului. *Traductoarele pentru K_1 și K_2 trebuie să posede caracteristici precise și stabile cu temperatura și timpul. Ecuația (41) arată că sensibilitatea funcției de transfer a sistemului global față de G este împărțită prin $1+K_2G$.* Din punctul de vedere al sensibilității este de dorit să se proiecteze K_2G cît mai mare posibil. *Deci nu este necesar ca $G(s)$ să fie foarte precis.*

Este totuși important de subliniat că sensibilitatea este funcție de frecvență, deci sistemul trebuie gîndit ca fiind sensibil sau insensibil pe anumite benzi de frecvență.

Revenind la fig. 10.8 se concluzionează că în acest sistem R_1, R_2 și amplificatorul diferențial trebuie să fie de calitate. Caracteristicile amplificatorului de tensiune, circuitului de stabilizare, amplificatorului de putere și motorului, în schimb, nu este necesar să fie foarte precise. Orice schimbare în caracteristicile acestor elemente va suferi factorul de corecție $1+K_2G$.

Să analizăm acum transmisia cu roți dințate compusă din z_1, z_2 și z_3. Se presupune că roțile z_2 și z_3 au același număr de dinți ($z_2=z_3$) iar $z_1=z_2/10$. Ieșirea din sistem este pe roata z_2. Scopul principal al roții z_3 este să dea posibilitatea traductorului de ieșire să fie cuplat la alt ax. Se consideră că angrenajele nu mai sînt ideale. Angrenarea poate introduce diverse erori. Se ia în considerare numai jocul de flanc al danturilor. În fig. 10.8 s-a notat cu J_I jocul de flanc dintre roțile z_1 și z_2 și cu J_{II} jocul de flanc dintre roțile z_2 și z_3.

Scanned with OKEN Scanner

Din analiza anterioară a sensibilității rezultă că eroarea jocului de flanc J_I se divizează cu $1+K_2G$, în timp ce eroarea datorată jocului de flanc J_{II} se adună practic direct în funcția de transfer globală a sistemului — $M(s)$.

Se poate deci concluziona că, *din punctul de vedere al sensibilității, eroarea introdusă în sistem de jocul de flanc de pe calea directă este mai puțin critică decît eroarea introdusă în sistem de jocul de flanc din bucla de reacție.*

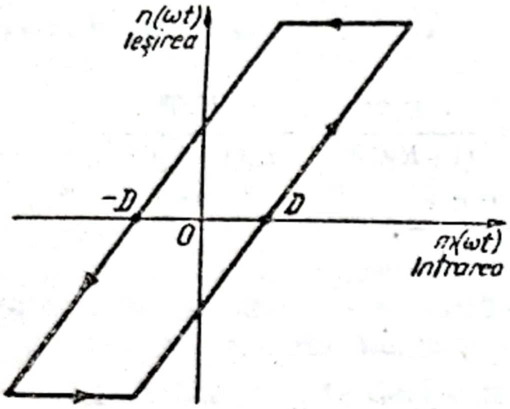


Fig. 10.9. Caracteristicile jocului de flanc.

Un studiu mai aprofundat al jocului de flanc la mecanismele cu roți dințate utilizate în servoacționări conduce la analiza sistemelor automate neliniare mult mai complexă și avînd un aparat matematic de studiu foarte laborios. Jocul de flanc este asimilat în studiul sistemelor automate neliniare cu fenomenul de histerezis. Acest fenomen neliniar (fig. 10.9 poate fi studiat cu funcția de descriere [2], aplicabilă la sisteme neliniare de orice ordin, în vederea descoperirii ciclurilor limită. Aceasta simplifică problema presupunînd că intrarea sistemului neliniar este sinusoidală și singura componentă de frecvență a ieșirii este componenta care are aceeași frecvență cu intrarea. Pentru

$$m(\omega t)=M \sin \omega t \tag{42}$$

$$n(\omega t)=\frac{A_0}{2}+\sum_{K=1}^{\infty} A_K \cos K\omega t+\sum_{K=1}^{\infty} B_K \sin K\omega t. \tag{43}$$

Funcția de descriere pentru jocul de flanc este reprezentată în complex

$$N_f=\frac{1}{M}\sqrt{A^2+B^2}\ \underline{|\text{arc tg } A_1/B_1} \tag{44}$$

5. Recomandări generale privind alegerea și proiectarea mecanismelor cu roți utilizate la servosistemele de urmărire

Mecanismele cu roți utilizate la servosistemele analogice de urmărire se proiectează în mai multe etape:

a. Calculul raportului de transmitere către sarcină.

b. Calculul rapoartelor de transmitere către traductoare; se face ținînd seama de *domeniul de măsură al traductorului utilizat și de cerințele sensibilității.*

c. Alegerea tipului angrenajelor și calculul acestora: se folosesc de preferință *transmisii fără autofrînare,* pentru a nu îngreuna stabilizarea sistemului. Se iau în considerare inerțiile roților ce compun traductorul

Scanned with OKEN Scanner

pentru a se putea asigura un moment de inerție redus la arborele motorului.

d. Calculul curselor moarte și a cuplurilor de sarcină; *jocurile transmisiilor mecanice nu trebuie să depășească 50% din valoarea erorii statice admise pentru sistem;* momentele de frecare din lagăre trebuie să fie minime; *lagărele vor fi de preferință rulmenți cu moment de pornire mic* ($M_r<10$ cN·cm).

Cuplurile de sarcină M_s au două componente:

— cuplul de sarcină activ $M_v = C_{mz}\rho bl \frac{v_2}{2}$. (45)

unde C_{mz} este coeficientul aerodinamic; ρ — densitatea aerului; v — viteza vîntului; b — înălțimea sarcinii; l — anvergura sarcinii;

— cuplul de sarcină reactiv (cuplul static de frecare)

$$M_r = \sum_{q=1}^{n} \frac{M_{rq}}{\eta_q i_q} \quad (46)$$

unde M_{rq} este cuplul static pe arborele q; η_q — randamentul transmisiei între arborele motor și arborele q; i_q — raportul de transmisie de la motor la arborele q.

e. Calculul randamentului η al transmisiilor mecanice (se preferă transmisiile cu randamente mari) [6]:

Felul transmisiei	Randamentul
Dințată cilindrică	0,9 . . . 0,94
Dințată elicoidală	0,9 . . . 0,94
Cu cremalieră	0,9 . . . 0,94
Cardanică	0,9
Dințată conică	0,88 . . . 0,92
Cuplaj Oldheim	0,96

f. Proiectarea efectivă a reductorului, care necesită în primul rînd momente de inerție minime. De aceea este necesar *să se aleagă dimensiunile minime posibile pentru roata dințată cuplată nemijlocit cu arborele servomotorului.* Se recomandă ca raportul de transmitere al primei perechi de roți să fie ales în limitele $i_{1,2}=2 \ldots 3$, iar a celei de-a doua în limitele $i_{3,4}=4 \ldots 8$. Inerția perechilor următoare are influență minimă.

6. Verificarea performanțelor reductoarelor utilizate în servosistemele de urmărire

Cele mai importante caracteristici tehnice pentru un reductor performant utilizat în servosistemele de urmărire rapide sînt:

— cuplul maxim admisibil pe arborele de ieșire al reductorului în regim permanent (pentru o durată de viață impusă);

— cuplul maxim instantaneu;

— cuplul rezistent produs de reductor pe motor în gol;

— jocul unghiular pe arborele de ieșire sub un cuplu alternativ simetric, impus, aplicat la arborele de ieșire, roata de intrare fiind angrenată pe pinion blocat;

Scanned with OKEN Scanner

— momentul de inerție al angrenajelor reductorului;
— jocul axial la ieșire.

Să analizăm cuplul rezistent produs de reductor pe motor în gol, și jocul unghiular. Presupunînd că raportul de transmitere nu este un număr întreg, se pune problema verificării cuplului dat de reductor pe motor în gol. Această verificare trebuie să fie completă, adică pentru toate alinierile posibile interne ale angrenajelor ce formează reductorul testat. Trebuie deci determinat numărul minim de rotații întregi ale roții de intrare pînă cînd toate roțile mecanismului vor ajunge în poziția inițială. Acest număr de rotații executate de pinionul de intrare se numește de obicei *indice de sincronism* I_S.

Pentru un angrenaj simplu indicele de sincronism se definește astfel:

$$I_S = \frac{\textit{Numărul de dinți ai roții conduse}}{\textit{Cel mai mare divizor comun al celor două numere de dinți}},$$

ceea ce simbolic se scrie $I_S = z_2/h_{1,2}$. (49)

Pentru cazuri mai complexe raportul $z_2/h_{1,2}$ se mai numește constantă de sincronizare k. Pentru angrenajul simplu $I_S = k$.

Pentru un mecanism serie avînd trei sau mai multe roți în angrenare cu axe independente

$$I_S = k_p \tag{50}$$

unde k_p este cel mai mic multiplu comun al tuturor valorilor k relativ la roata conducătoare (de obicei z_1).

Pentru mecanismele serie legate în cascadă se calculează mai întîi k_p pentru fiecare memanism serie din sistem (k_p, k'_p, k''_p, ... k^n_p), conform cu relația (50). Se notează cu L' cel mai mare divizor comun pentru k'_p și $k_p i$, cu L'' cel mai mare divizor comun dintre k''_p și $k'_p i'$ ș.a.m.d., unde i, i', ... sînt rapoartele de transmitere pentru fiecare mecanism serie. Formula generală pentru I_S este în acest caz

$$I_S = k_p k'_p k''_p \ldots k^n_p/(L'L'' \ldots L^n). \tag{51}$$

Mecanismele planetare realizează o dispunere a roților care permite o transmisie compactă. Pentru anumite aplicații mai des utilizate formulele pentru indicele de sincronism sînt apropiate de cele ale unui mecanism cu roți serie sau paralel.

Fie mecanismul planetar simplu din fig. 10.10, *a* prezentat descompus în fig. 10.10, *b*.

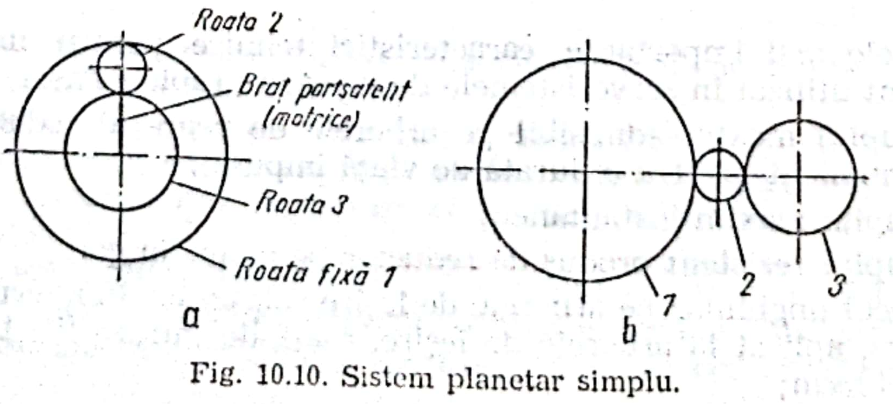


Fig. 10.10. Sistem planetar simplu.

Calculul lui I_S se reduce în acest caz la aplicarea relației (50) pentru mecanismul din fig. 10.10, *b*.

Fie mecanismul planetar compus din fig. 10.11, *a* prezentat descompus în fig. 10.11, *b*. Calculul lui I_S se reduce la aplicarea relației (51) pentru mecanismul cu roți din fig. 10.11, *b*.

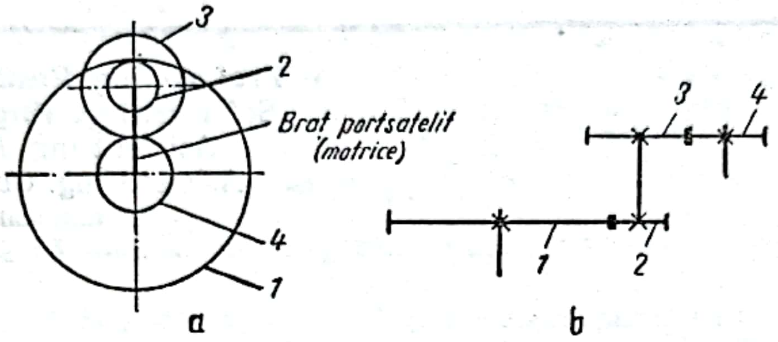


Fig. 10.11. Sistem planetar compus.

Cu aceste relații se poate indica numărul minim de rotații întregi ale roții de intrare pentru ca la controlul reductoarelor de precizie să se verifice cuplul dat de reductor pe motor în gol și jocul unghiular pentru toate alinierile posibile.

BIBLIOGRAFIE

1. CRACIUNOIU, V. ș.a. *Elemente de execuție*. București, Editura Tehnică, 1970.
2. D'AZZO, J. J. și HOUPIS, C. H. *Feedback Control System Analysis and Synthesis*. McGraw — Hill Book Company N. Y. 1965.
3. DEMIAN, T. ș.a. *Bazele proiectării aparatelor de mecanică fină*. Vol. I și II, București, Ed. Tehnică, 1984 și 1986.
4. SAAL, C. și SZABO, W. *Sisteme de acționare electrică, determinarea parametrilor de funcționare*. București, Editura Tehnică, 1981.
5. SAVANT, C. J. Jr. *Calculul sistemelor automate*. București, Ed. Tehnică, 1967.
6. VASILIEV, D. V. ș.a. *Calculul și proiectarea sistemelor de urmărire*. București, Ed. Tehnică, 1966.

11

Angrenaje cu roţi cilindrice cu număr mic de dinţi

Prof. dr. ing. *Vasile Merticaru*
Şef lucr. ing. *Virgil Atanasiu*
Asistent ing. *Petru Ţivlea*
Asistent ing. *Cezar Oprişan*
Institutul Politehnic Iaşi

1. Introducere

Tendinţele actuale care se manifestă în construcţia transmisiilor cu roţi dinţate se referă, în special, la micşorarea masei şi gabaritului, scăderea preţului de cost, creşterea randamentului, precum şi lărgirea domeniului de utilizare optimă. În acest context, utilizarea angrenajelor cilindrice cu număr mic de dinţi se remarcă ca o soluţie modernă, care permite realizarea acestor deziderate.

Uzual, angrenajele cilindrice realizează rapoarte de transmitere $i \leqslant 6,3$, iar pinioanele au numărul de dinţi $z \geqslant 12$, în mod excepţional ajungîndu-se la $z=7$. Micşorarea numărului de dinţi la roţile conducătoare pînă la $z=1$ permite realizarea unor rapoarte mari de transmitere — caracteristice angrenajelor melcate, avînd şi avantajele angrenajelor cilindrice cu dantură înclinată: axe paralele, deci proprietăţi de angrenare corecte la abateri ale distanţei între axe, tehnologie simplă de prelucrare şi control, randament ridicat, cost scăzut.

Colectivul laboratorului de mecanisme din Institutul Politehnic Iaşi are în preocupările sale de cercetare şi implementare a rezultatelor cercetării în producţie, începînd cu anii '70, problema realizării de roţi cilindrice cu număr mic de dinţi şi a unor mecanisme reductoare de viteză (multiplicatoare de cuplu) şi multiplicatoare de viteză.

2. Probleme specifice de generare şi angrenare

Folosirea optimă a roţilor dinţate cilindrice cu număr mic de dinţi necesită rezolvarea unor probleme legate de stabilirea parametrilor geometrici definitorii ale acestora. Se are în vedere faptul că, la generare, prin micşorarea numărului de dinţi, pot să apară două fenomene negative: subtăierea şi ascuţirea dinţilor. Continuitatea angrenării poate fi compromisă datorită: interferenţei în zona de racordare a dintelui şi gradului de acoperire subunitar.

Probleme specifice de generare. Pentru a se evita atît subtăierea, cît și ascuțirea dinților unei roți dințate trebuie respectată condiția

$$x_{n\,min} \leqslant x_n \leqslant x_{n\,max},$$

unde:

$x_{n\,min}$ este coeficientul minim al deplasării profilului la limita subtăierii;

$x_{n\,max}$ — coeficientul deplasării de profil la limita ascuțirii.

Evitarea fenomenului negativ de subtăiere a dintelui în zona piciorului presupune o deplasare pozitivă de profil, care rezultă din relația

$$x_{n\,min}=h^{*}_{a_0}-\frac{z\sin^2\alpha_{0t}}{2\cos\beta}. \qquad (1)$$

Se constată că deplasarea de profil $x_{n\,min}$ crește cu scăderea numărului de dinți z.

Impunînd deplasarea de profil x_n necesară pentru evitarea subtăierii dintelui la bază, apare ascuțirea nepermisă a dintelui în zona de cap. Pentru a asigura rezistența necesară a dintelui în zona de cap se pune condiția ca grosimea acestuia pe cercul de cap să nu coboare sub o limită minimă

$$s_a \geqslant 0{,}3\ m_n$$

pentru dantură îmbunătățită. Grosimea dintelui pe cercul de cap este dată de relația

$$s_a=d_a\left(\frac{\pi+4x_n\operatorname{tg}\alpha_{0n}}{2z}-\operatorname{inv}\alpha_{at}+\operatorname{inv}\alpha_{0t}\right). \qquad (2)$$

La limită se obține

$$F(x_{n\,max},\ \Delta_a)=s_a-0{,}3\,m_n, \qquad (3)$$

unde Δ_a este coeficientul de scurtare a înălțimii capului dintelui din condiția evitării fenomenului de ascuțire.

Datele numerice obținute pe baza relațiilor (1) și (3), reprezentate grafic în fig. 11.1, permit indicarea celui mai mic număr de dinți la care sînt evitate ambele fenomene menționate.

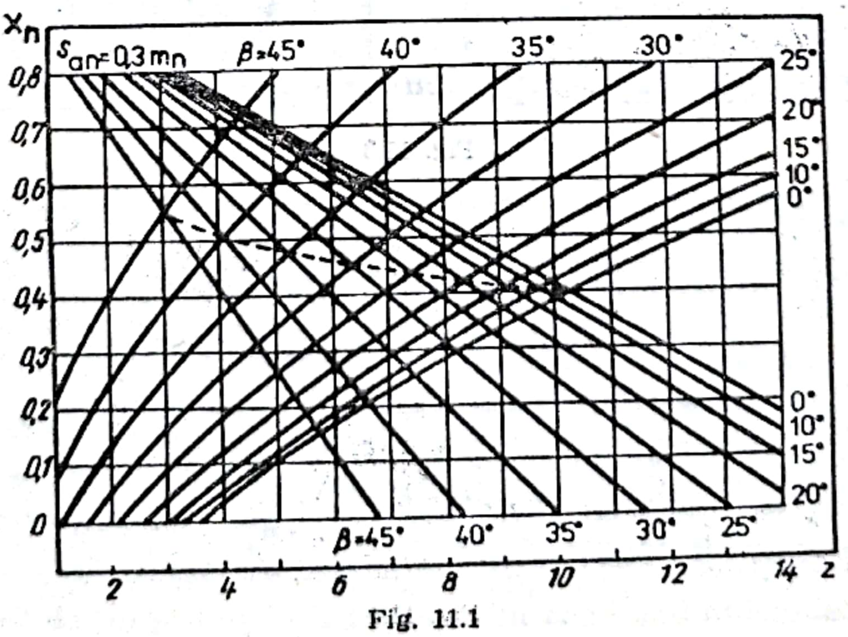


Fig. 11.1

Folosirea de roţi dinţate cilindrice cu număr de dinţi mai mic decît cel rezultat în această figură este posibilă, dar în acest caz se impune micşorarea înălţimii capului dintelui. În fig. 11.2 se prezintă valori ale coeficientului Δ_a, funcţie de numărul de dinţi şi unghiul de înclinare.

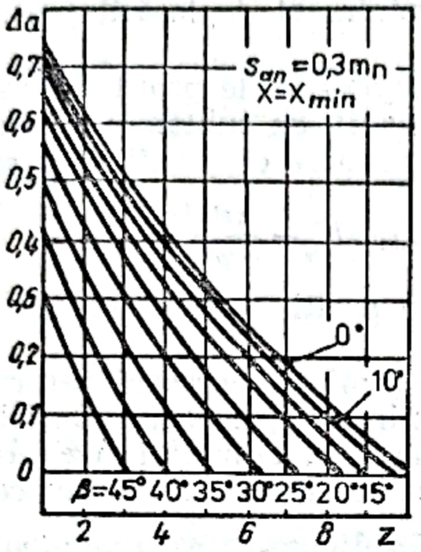


Fig. 11.2

În fig. 11.3 ($z=3$; $m_n=4$ mm; $\beta=20°$) şi 11.4 ($z=2$; $m_n=1{,}5$ mm; $\beta=15°$), se prezintă roţi dinţate cilindrice la care s-au evitat ambele fenomene negative menţionate.

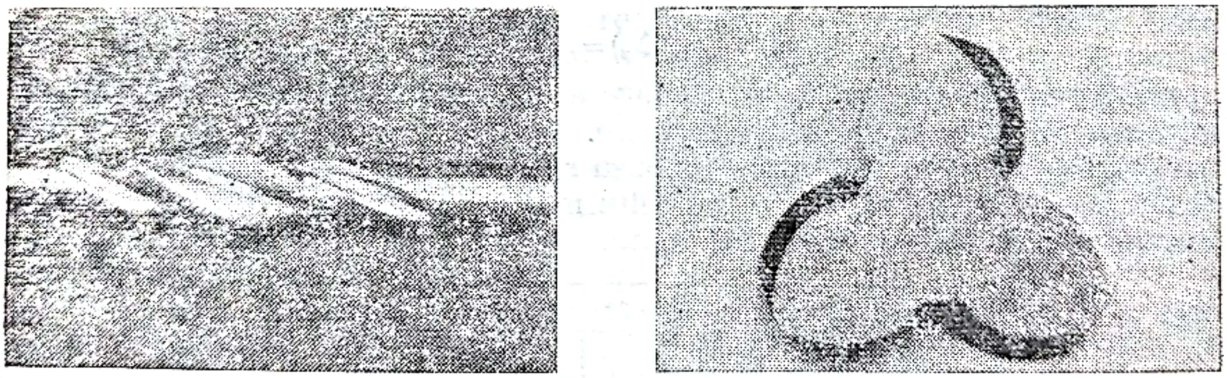


Fig. 11.3

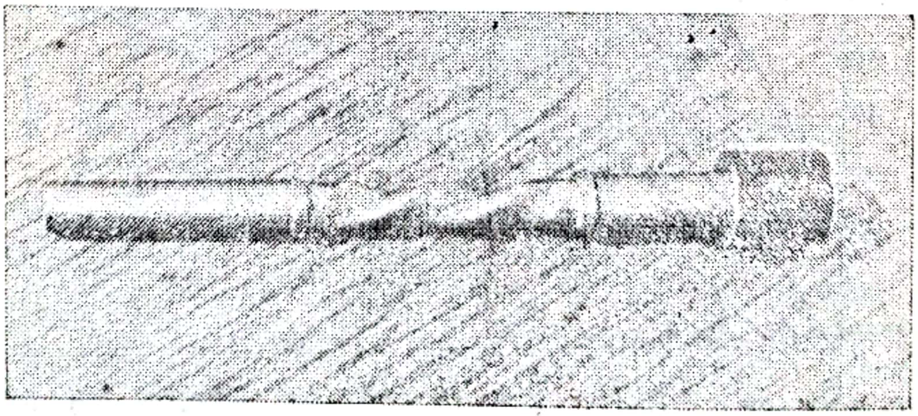


Fig. 11.4

Probleme specifice de angrenare. Analiza fenomenului de interferență — între capul dintelui unei roți și piciorul dintelui roții conjugate, în zona de racordare a acestuia — indică faptul că acesta se poate produce numai în zona de racordare la baza dintelui pinionului, în timp ce la roata condusă nu apar astfel de situații. Condiția evitării fenomenului menționat conduce la următoarea relație:

$$\Sigma z \ \mathrm{tg}\ \alpha_{wt}+4(h^*_{an}-x_{n1}) \cos\beta/\sin 2\alpha_t-z_1 \ \mathrm{tg}\ \alpha_t \geqslant$$

$$\geqslant[(z_2+2\cos\beta(h^*_{an}-x_{n1}+x_{ns}-\Delta_t))^2/\cos^2\alpha_t-z_2^2]^{1/2} \quad (4)$$

unde Δ_t reprezintă coeficientul de micșorare a înălțimii capului dintelui din condiția evitării fenomenului de interferență iar x_{ns} — coeficientul de deplasare sumat.

Relația (4) permite stabilirea valorii limită a coeficientului x_{n2} la care nu se produce interferența. Pentru valori ale coeficientului x_{n1} mai mari decît valoarea limită rezultată, în relația (4) se impune valoarea x_{n1} și se determină mărimea coeficientului Δ_t.

Continuitatea angrenării este asigurată atunci cînd gradul de acoperire total este supraunitar. Micșorarea înălțimii capului dintelui la pinion și roata condusă, din motivele menționate anterior, are implicații nefavorabile asupra mărimii gradului de acoperire frontal. De aceea se impun verificări și măsuri — atunci cînd este necesar, pentru a se asigura continuitatea angrenării.

La angrenajele cu roți dințate cilindrice cu dinți drepți, numărul de dinți la pinion este limitat de valoarea minimă necesară a gradului de acoperire.

La angrenajele cilindrice cu dinți înclinați, valoarea minimă necesară gradului de acoperire total se poate asigura ușor datorită gradului de acoperire axial, ceea ce permite micșorarea numărului de dinți la pinion pînă la $z_1=1$.

3. Aspecte specifice de funcționare

Angrenajele cilindrice cu pinioane cu număr mic de dinți prezintă cîteva caracteristici ale comportării lor în funcționare, care le deosebesc de angrenajele cilindrice obișnuite. Se remarcă, în acest sens, modul atipic de distribuție pe roțile dințate și localizare pe flancurile dinților acestora a deteriorării de tip pitting, precum și faptul că durabilitatea și capacitatea portantă a acestor angrenaje este influențată decisiv de deteriorarea roții conduse.

Aceste aspecte specifice sînt în strînsă legătură cu influența exercitată de modul de distribuție a coeficienților deplasării de profil pe roțile dințate asupra caracterului variației alunecărilor specifice pe flancurile dinților.

Astfel, angrenajele cu $x_{n1\,min}=x_{n1}$ și $HB_1=HB_2$ prezintă o concentrare a deteriorării de tip pitting la baza flancului activ al dinților fiecărei roți,

Scanned with OKEN Scanner

ceea ce corespunde zonei de intrare în angrenare — la pinion și, respectiv, zonei de ieșire din angrenare — pentru roata condusă, zone cu valori ridicate ale alunecării specifice negative. Deoarece numai prin modificarea durității dinților în angrenare nu se obțin valori superioare ale capacității portante, se recurge la stabilirea unor noi valori ale coeficienților deplasării de profil — în scopul micșorării sau eliminării alunecărilor specifice negative din zonele menționate.

Prin creșterea coeficientului deplasării de profil, la pinion de la $x_{n1}=x_{n1\ min}$ la $x_{n1}=1{,}1$ (x_{ns}=const), uzura de tip pitting se produce numai pe flancul dinților roții conduse, cu preponderență în zona de cap a acestora. Această comportare în funcționare, sub aspectul localizării deteriorării prin pitting, se datorește atît alunecărilor specifice negative — care se produc numai pe flancurile dinților roții conduse, dar și solicitărilor de încovoiere mai mari la dinții roții conduse în raport cu dinții pinionului, ambele fenomene avînd implicații nefavorabile asupra rezistenței la oboseala de contact.

În fig. 11.5 se prezintă variația alunecărilor specifice de-a lungul segmentului de angrenare, pentru două variante de distribuție a sumei coeficienților deplasării de profil pe roțile dințate componente ale angrenajului ($z_1=4$; $z_2=51$; $\beta=20°$; $m_n=3$ mm; $a=90$ mm). Se constată că mărirea valorii coeficientului de deplasare a pinionului la $x_{n1}=1{,}1$ permite micșorarea alunecărilor specifice pe flancul dintelui pinionului și, în plus, la obținerea unor valori pozitive.

Rezultatele încercărilor experimentale evidențiază interdependența dintre capacitatea portantă a angrenajelor și numărul de dinți, deplasările de profil, mărimea și raportul durității suprafețelor în contact. În scopul realizării unor capacități portante ridicate se recomandă folosirea unor coeficienți de deplasare $x_{n1}>x_{n1\ min}$, împreună cu realizarea unor durități $HB_2>HB_1$.

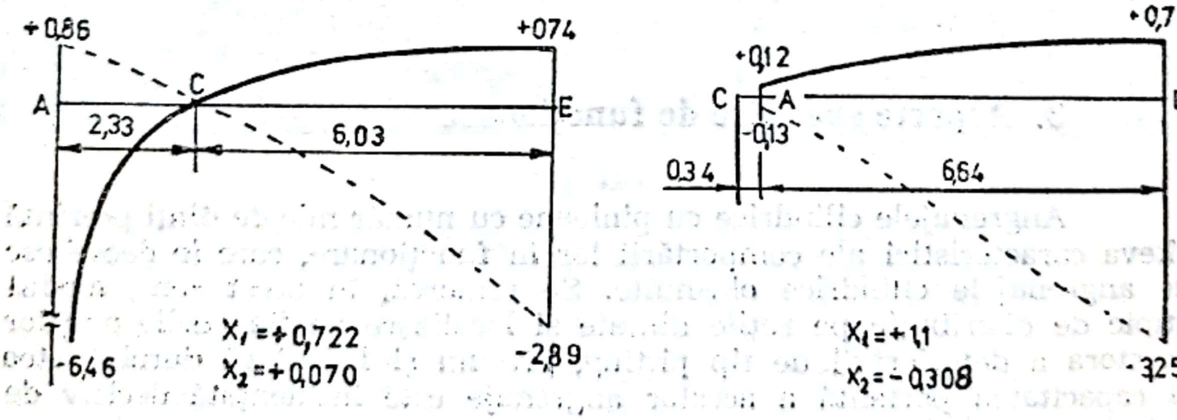


Fig. 11.5

Sensibilitatea capacității portante a angrenajelor la asocierea durității materialelor pinionului și roții conduse în raport cu modul de distribuție a deplasărilor de profil este cu atît mai pronunțată, cu cît numărul de dinți la pinion este mai mic și turația de funcționare este mai ridicată. Aceste constatări au fost confirmate de rezultatele menționate în [2].

4. Realizări şi perspective de utilizare

Studiile şi încercările de pînă acum indică o gamă foarte largă de utilizare a angrenajelor cilindrice cu număr mic de dinţi. În cadrul Catedrei Organe de maşini şi Mecanisme de la Institutul Politehnic Iaşi s-au realizat reductoare cilindrice, de uz general, cu raport de transmitere i=12,5 . . . 17 (fig. 11.6), precum şi reductoare şi motoreductoare pentru acţionarea unor manipulatoare (fig. 11.7), cu o treaptă şi raport de transmitere i=12,5 . . . 28 şi cu două trepte şi raport de transmitere i= =50 . . . 200.

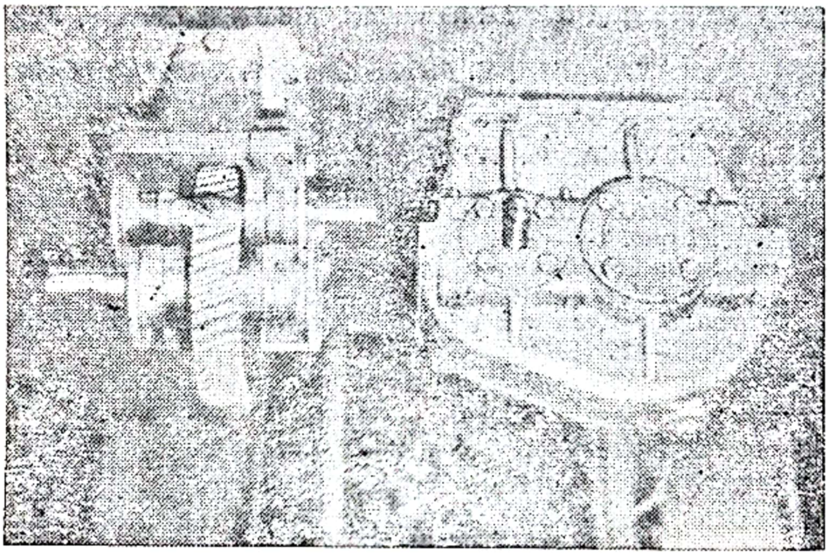


Fig. 11.6

Angrenajele cilindrice cu număr mic de dinţi tind să-şi lărgească aria de cuprindere, pătrunzînd peste tot în domeniul transmisiilor de forţă de puteri mici şi medii şi, de asemenea, în domeniul transmisiilor cinematice, vizînd numărătoarele de cicluri, manometre, tahometre, aparate optice.

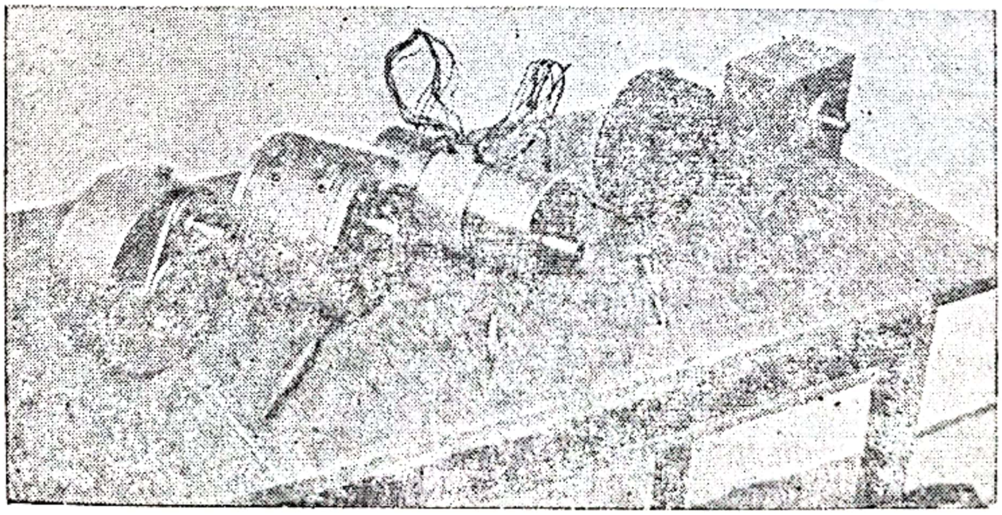


Fig. 11.7

BIBLIOGRAFIE

1. BERLINGER, B. E. *Das Evalid — Verzahnungssystem für Stirnradgetriebe mit grossen Stüfenübersetzungsverhöltnis.* În: Konstruktion, nr. 4, 1977.
2. ISHIBASHI, A. și YOSHINO, H. *Design, Manufacturing Process and Load Carrying Capacity of Cylindrical Gears* Pairs with 2 to 4 Pinion Teeth for High Gear Ratio. În: Bull. of the JSME, No. 198/1981, No. 212/1983.
3. MERTICARU, V. și ATANASIU, V. *Avoiding Teeth Gears Topping for Crest — Width.* Papers of the World Symposium on Gears and Gear Transmissions. Dubrovnik — Kupari, Yugoslavia, September 13—16, 1978.
4. MERTICARU, V. și ATANASIU, V. *Optimum Design of Mechanism With Spur and Helical Gears and Involute Profile.* În: Papers of the Fifth World Congress on the Theory of Machines and Mecanisms, Montreal Canada, July 8—13, 1979, Vol. 2.
5. MERTICARU, V. și ATANASIU, V. *Mechanism with Cylindrical Gear Wheels With Small Number of Teeth and Involute Profile.* În: Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul XXVI (XXX), Fasc. 3—4, Secția IV, 1980.
6. MERTICARU, V., TIVLEA, P., ATANASIU, V. și OPRIȘAN, C. *Angrenaje cu număr mic de dinți în sistemele de acționare ale roboților industriali.* Al V-lea SIMPOZION NAȚIONAL DE ROBOȚI INDUSTRIALI, București, 17—19 octombrie 1985, partea II, pag. 497—502.
7. ROTH, K. *Evolventenverzahnungen für parallele Achsen mit Ritzelzähnezahlen von 1 bis 7.* În: V.D.I. Zeitschrift, 107, 6, 275—284 (1965).
8. ROTH, K. *Stirnradpaarungen mit 1 bis 5 Zähnigen Ritzeln im Maschinenbau.* În: Konstruktion, 26, 425—429 (1974).

IV

MATERIALE. ELABORARE, UTILIZARE, RECICLARE, ÎNLOCUITORI

12
Materiale compozite. Aplicaţii, perspective

General mr. dr. ing. *Ştefan Ispas*
Academia Militară Generală

1. Probleme generale, definiţii

Dezvoltarea generală contemporană a societăţii omeneşti, gradul de civilizaţie tot mai ridicat, precum şi necesitatea menţinerii nealterate a mediului ambiant, au determinat preocupări pe toate planurile, politic, ştiinţific, tehnic, social, economic etc., care au condus la crearea unor produse şi servicii cu un grad tot mai mare de complexitate şi care, la rîndul lor, au antrenat volume mari de investiţii atît pentru studii, cercetări şi experimentări, cît şi pentru asigurarea de materiale şi de energie.

În cadrul producţiei de bunuri, un loc şi un rol important — determinant în ultimii ani — îl au materialele, utilizate în cantităţi din ce în ce mai mari, materiale din ce în ce mai diversificate calitativ şi sortimental. Condiţiile speciale se impun materialelor în special pentru domeniile de vîrf, aerospaţial, electronic şi energetic, prin exigenţele ridicate de procesele care au loc în sistemele tehnice ale acestora — nave spaţiale, motoare şi rachete, calculatoare electronice, reactoare nucleare.

Aceste cerinţe şi condiţii, a căror evoluţie are un caracter dinamic pronunţat, completate cu procesul de epuizare a resurselor şi procesele de combatere a poluării au obligat pe specialişti la acţiuni revoluţionare complexe, menite să schimbe radical filozofia consumatorului obligîndu-l: să consume mai puţin, prin schimbări în structura consumului; să consume mai eficient, prin îmbunătăţiri tehnologice ale randamentului de transformare; să consume altceva, prin substituirea resurselor materiale energetice preţioase epuizabile, cu resurse noi inepuizabile, resurse de calitate inferioară, sau resurse obţinute prin reciclare mecanică, chimică, biologică.

Este timpul să se treacă de la concepţia „mare este minunat" la concepţia „mic este frumos".

În acest context s-a trecut la elaborarea unor materiale de o concepţie cu totul nouă — materialele compozite — pe care specialişti le numesc „materiale din generaţia a doua".

Deşi n-au fost numite astfel decît în ultimii ani, materiale compozite există în natură şi sînt folosite de om demult în multe construcţii şi sortimente de materiale. Astfel, cuiburile păsărilor sînt construite din fibre (paie, crengi etc.) şi lut, chirpicii sînt construiţi din lut şi paie, valurile de apărare erau construite din mănuchiuri de ramuri şi pămînt, adă-

posturile omului primitiv și ale unor triburi din unele zone din Africa, Australia și America Latină erau construite dintr-un schelet de rezistență din trestie, bambus sau tulpini și crengi ale altor copaci, umplut cu pămînt.

Cîteva exemple atestă vechimea utilizării unor astfel de materiale. În anul 1600 î.e.n. egiptenii asamblau plăci de lemn cu clei din organe de animale, în anul 800 î.e.n. evreii utilizau cărămizi dintr-un amestec de paie și argilă, iar în anul 1200 e.n. mongolii foloseau arcuri fabricate pe bază de corn de antilopă, lemn, mătase și tendoane de vită care puteau trimite săgețile pînă la distanțe de circa 800 m.

După concepția autorului acestui articol materialele compozite sînt materiale cu proprietăți anizotrope, formate din mai multe componente, a căror organizare și elaborare permit folosirea caracteristicilor celor mai bune ale componentelor, astfel încît materialul rezultat să aibă proprietății finale generale, superioare componentelor din care este alcătuit. Au mai apărut și alte definiții ale noțiunii de materiale compozite. Astfel, în lucrarea „Tehnologii neconvenționale“ se apreciază că: „Materialele compozite sînt materiale formate din mai multe substanțe la scară microscopică“*, iar în lucrarea „Tehnologia și materialele neconvenționale“ se consideră că: „Materialele compozite sînt realizate dintr-o matrice metalică sau nemetalică, întărită prin dispersie cu diverse particule cu suprafețe rugoase, cu fibre, sau prin întrepătrundere cu gaze“**.

Preocupări și realizări de materiale compozite sînt în toate țările dezvoltate, inclusiv la noi în țară, ca urmare a dorinței de a continua procesul de dezvoltare prin utilizarea unor materiale calitativ superioare și posibil de realizat prin procedee și tehnologii eficiente și nepoluante. În fig. 12.1 sînt prezentate evoluția producerii unor asemenea materiale și

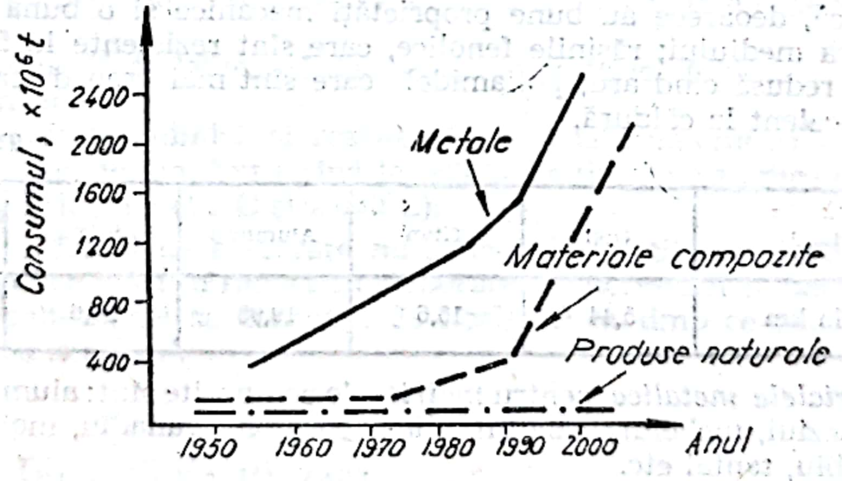


Fig. 12.1

consumurile estimate pînă în anul 2000 iar în fig. 12.2 producția de mase plastice și producția de oțel.

Referitor la superioritatea unor materiale compozite față de unele materiale clasice, masiv utilizate în producție, consider că cifrele din tabe-

* Nicu Ceaușescu și Ion Popescu. Craiova, Editura Scrisul Românesc, 1982.
** Drimer, D. ș.a. București, Institutul Politehnic, 1986.

lul 12.1 sînt și orientative și edificatoare. Se prezintă cinci materiale și lungimea la care se rupe o bară de aceeași secțiune (1 cm^2) sub greutatea proprie.

Un material compozit este alcătuit din *matrice* și materialul de *ranforsare*.

Matricea constituie liantul în care sînt impregnate fibrele (materiale de ranforsare). Rolul său este de a prelua și a transmite solicitările fibrelor și a constitui împreună cu acestea elementele de rezistență ale compozitului. Matricele utilizate pînă în prezent sînt *rășini* termoplaste sau termorigide sau materiale metalice.

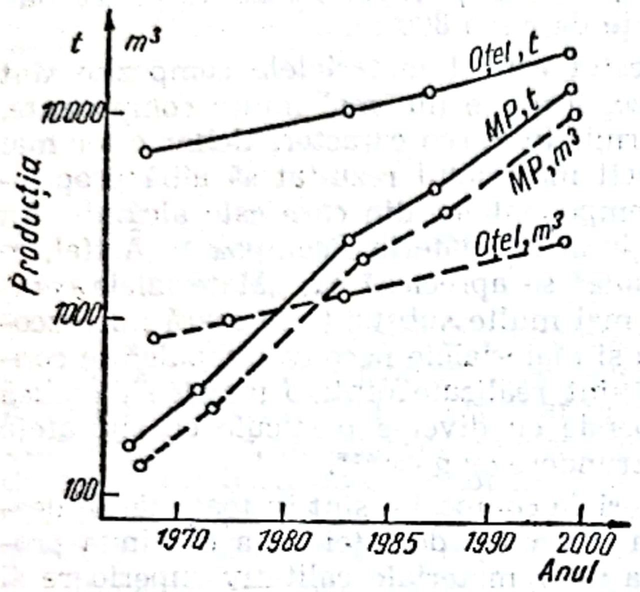


Fig. 12.2

Rășinile termoplaste la temperatură ambiantă, în stare solidă sînt constituite din molecule lungi cu legături „relativ" fragile.

Rășinile termorigide în stare inițială sînt sub formă de monomer (vîscos și maleabil), care sub acțiunea căldurii sau a unui catalizator, prin reticulare, formează macromolecule (polimeri). Principalele tipuri de rășini termorigide, poliesteri de utilizare generală, dar cu proprietăți limitate sînt: epoxizii, folosiți mai ales în aeronautică, deoarece au bune proprietăți mecanice și o bună rezistență la acțiunea mediului; rășinile fenolice, care sînt rezistente la foc și au o toxicitate redusă cînd ard; poliamidele care sînt mai greu de fabricat dar rezistă excelent la căldură.

Tabelul 12.1.

Materialul	Oțel	Titan	Aluminiu	Sticlă	Fibre de carbon
Lungimea, în km	5,44	15,6	19,95	24,6	78,8

Materialele metalice pentru *matrice* de compozite sînt: aluminiul, titanul, magneziul, nichelul, cobaltul, aliate cu crom, vanadiu, molibden, zirconiu, niobiu, tantal etc.

Materialele de ranforsare sînt formate în general din următoarele fibre:

a) fibre de siliciu, utilizate în multe tipuri;

b) fibre kevlar (poliamidă aromatică), fabricată pentru prima dată de firma Dupont de Nemours din S.U.A. în 1964, care au proprietăți mecanice remarcabile, rezistență mare la compresiune, la umiditate și la radiații ultraviolete;

c) fibre de carbon, obținute prin carbonizarea la temperaturi înalte a poliacrilonitrilului sau a hidrocarburilor și au o rigiditate foarte bună;

au fost realizate prima dată de Institutul Industrial de Cercetări din Japonia şi de Compania regală de cercetări aeronautice în anii 1961—1962;

d) fibre ceramice rezistente la temperaturi ridicate dar rigide, motiv pentru care utilizarea lor se face prin armare cu metale;

e) fibre de bor, cu filament de wolfram, produse pentru prima dată de firma Texaco în anul 1959;

f) fibre de siliciu aluminizate pentru a-i oferi conductibilitate;

g) fibre mixte.

2. Principalele proprietăţi ale materialelor compozite

Pe baza elaborării, utilizării şi experimentării îndelungate a materialelor compozite, specialiştii, producătorii şi utilizatorii au formulat principalele lor proprietăţi:

— densitate mică în raport cu metalele (compozitele din răşini epoxidice armate cu fibre de Si, B şi C au densitatea sub 2 kg/dm^3*;

— rezistenţă sporită la tracţiune la şoc şi abrazivi (Kevlarul are o rezistenţă de două ori mai mare ca sticla);

— coeficient de dilatare foarte mic în raport cu metalele;

— durabilitate mare în funcţionare (în aceleaşi condiţii de funcţionare 1 kg de kevlar înlocuieşte 5 kg de oţel la o durată de funcţionare echivalentă);

— capacitate mare de amortizare a vibraţiilor (de circa trei ori mai mare ca a Al);

— siguranţă mare în funcţionare (ruperea unei fibre dintr-o piesă fabricată din materiale compozite nu constituie amorsă de rupere imediată a piesei);

— rezistenţă îndelungată la agenţi atmosferici (oxidare, coroziune, microorganisme);

— stabilitate chimică şi rezistenţă mare la temperaturi ridicate (fibrele de kevlar, teflon, hyfil pînă la 500°C iar fibrele ceramice de tip SiC, S_3N_4 şi Al_2O_3 între 1 400°C şi 2 000°C);

— în procesul de elaborare nu solicită instalaţii complexe şi consumuri energetice mari în raport cu elaborarea materialelor metalice (pentru obţinerea polietilenei se consumă 23 kcal/cm^3 în timp ce pentru oţel se consumă 158 kcal/cm^3.

3. Domenii de utilizare

Industria contemporană este cucerită în prezent de sindromul uşurării, cu reacţii în lanţ pe toate treptele concepţiei, fabricaţiei şi utilizării produselor pentru a realiza: materiale mai uşoare, vehicule mai uşoare, consumuri mai mici de combustibili şi energie, încărcătură utilă mai mare

* Compozitele de tip spumă, realizare de dată recentă, prevăzute a fi folosite în sistemele cosmice au o densitate de 0,42 kg/dm^3.

sau autonomie mai mare, durata de viață mai mare combinată cu cheltuieli de producție și de exploatare mai mici, poluare redusă a mediului etc.

Domeniile de utilizare a materialelor compozite sînt în continuă extindere.

În domeniul aerospațial, în care s-au aplicat prima dată, compozitele prezintă o rată de utilizare foarte mare, fie sub formă de fibre de carbon, de bor, și de siliciu, ca atare fie ca materiale de ranforsare în matrice de rășini epoxidice, în general pentru structuri de aeronave și nave spațiale, fie sub formă de materiale ceramice și metalice. Compozitele cu matrice din aliaje cu bază de Ni și Co ranforsate cu fibre din carburi și oxizi metalici (CTa, CNi, CZr, Al_2O_3) sînt utilizate pentru componentele vitale, care funcționează în regim termic ridicat, ale motoarelor turboreactoare și rachetelor.

În domeniul transportului naval ca materiale compozite se folosesc cu precădere rășini poliesterice, armate cu fibre de sticlă, cu fibre de carbon și fibre de aramide, în special pentru ambarcațiuni sportive și nave ușoare, avînd avantajele că au greutăți reduse și rigidități mărite, ceea ce a permis creșterea vitezei și reducerea consumului de combustibil al navelor.

În domeniul transportului rutier materialele compozite se folosesc în primul rînd datorită greutății lor reduse, rezistenței ridicate la oxidare și coroziune, în procente care reprezintă creșteri de 5—10% anual, în locul metalelor. S-a calculat că reducerea greutății unui autoturism cu 100 kg echivalează cu economisirea unui litru de benzină la fiecare 100 km. În componența unui autoturism compozitele se folosesc pentru: caroserii, sistemul de alimentare cu combustibil, panoul de comandă etc. În sistemul de frînare al autovehiculelor, compozitele din fibre de carbon sînt deosebit de eficiente, întrucît coeficientul de frecare crește cu temperatura.

În domeniul electronicii și electrotehnicii sînt solicitate materiale compozite în cantități tot mai mari de la an la an, cu precădere compozite conținînd materiale plastice speciale, rășini poliamidice, policarburanți, sulfură de polifenilenă, oxid de polifenilenă, siliconi, polibutilen, tereftalat etc. Se apreciază că în prezent acest domeniu absoarbe un sfert din consumul total de materiale compozite cu destinație industrială, atît pentru componentele electronice active (capsule pentru circuite integrate), cît și pentru componentele pasive (suporturi pentru imprimante, conductoare, conectoare etc.).

În domeniul telecomunicațiilor, în continuă dezvoltare, materialele compozite se folosesc la izolații de cabluri telefonice din polietilenă de joasă și înaltă presiune, la transmisiile prin sateliți, unde pentru structurile de rezistență și pentru discurile antenelor sînt utilizate compozite armate cu fibre de sticlă.

În domeniul medical se utilizează materiale compozite cum sînt: compuși cu polimeri pentru transplanturi, proteze și implanturi cardiace, unele substanțe pentru coagularea sîngelui (poliuretani, cauciucul siliconic, dacron, teflon expandat, polietilenă specială, floro-polimeri etc.), în ortopedie, unde trebuie să răspundă și unor mari necesități biologice și unde cele mai adecvate s-au dovedit a fi sistemele de compozite de grafit poli-

sulfuric şi sticlă — aramid — polipropilenă şi sticlă expoxidică cu bune proprietăţi de adaptabilitate biologică.

În domeniul casnic utilizările se referă la problemele de design, de protecţie împotriva poluării, de consum energetic şi de rafinament gastronomic.

Cucerirea spaţiului a fost şi va fi totdeauna o problemă de materiale. Marile progrese în acest domeniu s-au realizat pe baza uşurării structurilor prin folosirea unor înlocuitori „demni" ai oţelului şi aluminiului şi a unor materiale atent elaborate care au permis realizarea de echipamente uşoare şi fiabile.

În fig. 12.3 se prezintă procentual „ofensiva" în timp a materialelor compozite în fabricaţia unui avion modern.

În realizarea structurilor echipamentelor şi instalaţiilor specialiştii au folosit şi au în vedere să folosească materiale compozite de tip spumă la:

— balonul destinat să plutească în atmosfera planetei Venus;

— o centrală solară ultrauşoară satelizată, a cărei mişcare va fi asigurată de fotoelementele imprimate pe suprafaţă din capton şi va permite unui panou de 130 m², în greutate de 250 kg, să producă mai mult de 12 kW energie electrică;

— avionul Voyager, care a făcut recent o călătorie fără escală şi fără alimentare în aer, în jurul globului în nouă zile, parcurgînd 42 000 km (14 dec.—23. dec. 1986).

Au fost prezentate succint numai cîteva date din „marea carte deschisă" a materialelor noi, din generaţia a doua cum spun specialişti, care vor fi preponderente după anul 2000.

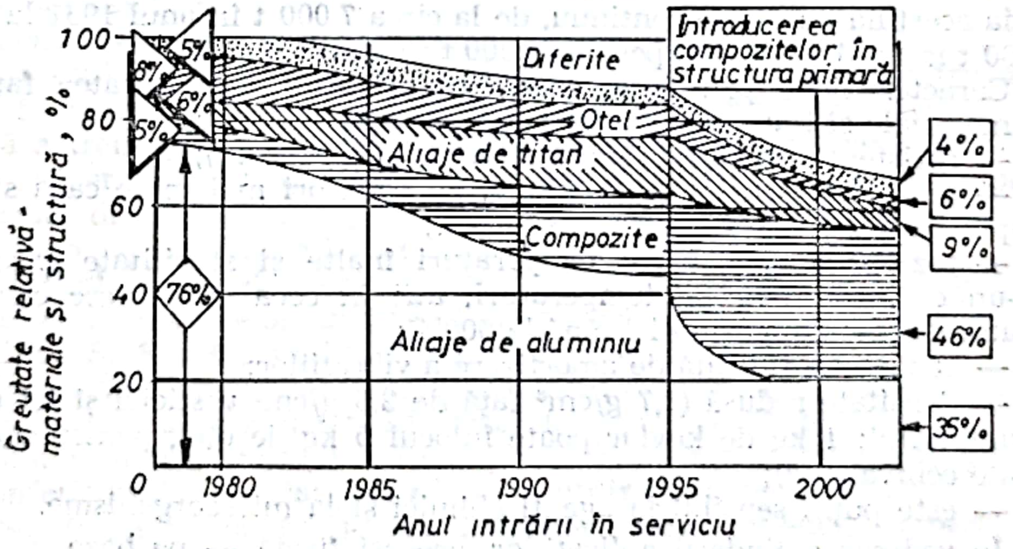


Fig. 12.3

Albert Ducrocq, forţînd lucrurile aprecia că „dacă acum cu materiale grele, maşinile, fie ele şi automate, lucrează în ritmul braţului, cu noile materiale foarte uşoare vor urma gîndul".*

* A. Ducrocq. Le Futur Aujourd'hui, les 15 annés qui vont changer votre vie quotidienne, Paris, Plon, 1984.

Scanned with OKEN Scanner

În încheiere, tot pe scurt, cîteva concluzii:

1) Pentru a avea materiale trebuie să le găsim dacă există, să le alegem pe cele mai eficiente și nepoluante, să construim pe cele de care avem nevoie.

2) Materialele compozite nou create trebuie să respecte condițiile:

— să fie utilizate la parametrii cei mai ridicați (temperatură, umiditate, viteză, solicitări mecanice mediu, radiații etc.);

— să faciliteze mini și microminiaturizarea (reducerea greutății și a volumului) produselor, indiferent de domeniu (avion, automobil, calculator, robot, utilaj casnic etc.);

— să permită realizarea unor sisteme tehnice complexe de fiabilitate ridicată;

— să nu antreneze costuri ridicate pentru elaborare și utilizare;

— să fie nepoluante și chiar antipoluante;

— să poată fi proliferate larg în toate domeniile și accesibile.

4. Fibre speciale utilizate în industria modernă

Kevlarul. Kevlarul este un polimer organic cu fibră de aramide (poliamide aromatice) și a fost realizat pentru elemente nestructurale sau semistructurale de rezistență ridicată.

Calitățile lui deosebite, superioare altor materiale utilizate în construcțiile aerospațiale, au determinat o evoluție rapidă a cercetărilor și investigațiilor pentru realizarea lui. Ca urmare, firma „Du Pont“ din Nemours — S.U.A. — creatoarea fibrei în anul 1970* a apreciat că producția acestuia va crește continuu, de la circa 7 000 t în anul 1981 la circa 50 000 t în anul 1985 și la peste 100 000 t în anul 1990.

Caracteristicile principale care i-au asigurat superioritatea față de alte materiale și i-au creat un larg cîmp de aplicare sînt:

— rezistență ridicată la șoc și la abraziune (frecare);

— rezistență sporită la tracțiune, de două ori mai mare ca a sticlei, apropiindu-se de cea a fibrelor de carbon;

— rezistență ridicată la temperaturi înalte și stabilitate excelentă într-un domeniu larg de temperaturi, atît în ceea ce privesc calitățile mecanice, cît și dimensiunile, pînă la 500°C;

— capacitate ridicată de amortizare a vibrațiilor;

— densitate redusă (1,7 g/cm^3 față de 2,5 g/cm^3 a sticlei și 2,7 g/cm^3 a aluminiului; 1 kg de kevlar poate înlocui 5 kg de oțel, pentru o durabilitate echivalentă);

— este puțin sensibil la agenți chimici și la microorganisme.

În vederea extinderii aplicațiilor, aceeași firmă — pe baza unor cerințe formulate de firmele constructoare de produse aerospațiale — a trecut la realizarea unor materiale hibride, astfel:

— materiale plastice armate cu Kevlar, care cîntăresc cu 10—30% mai puțin decît cele armate cu fibre de carbon sau fibre de sticlă;

* Este vorba de realizarea industrială, pentru că fibra a fost realizată prima dată în anul 1964.

Scanned with OKEN Scanner

— carbon-kevlar, prin care se urmărește obținerea unor materiale cu calități ameliorate de rezistență la încovoiere și la compresiune.

De asemenea, firma studiază eliminarea unor servituți ale fibrei de Kevlar, cum ar fi sensibilitatea la razele ultraviolete și slaba aderență a fibrelor în diverse materiale compozite.

Aplicațiile fibrelor de Kevlar ca atare sau în materiale compozite și hibrizii cu fibre de carbon sînt tot mai largi în cadrul firmelor de construcții aerospațiale de prestigiu ca Boeing, Sikorski, Lockheed, Rolls-Royce, Aerospațial etc., constatîndu-se că foarte multe componente de înveliș și de structuri neportante, carenaje, amenajări interioare etc. se comportă foarte bine, atît la sol cît și în zbor și că aduc avantaje importante concretizate în: reducerea greutății cu cca 30%; reducerea costurilor cu cca 50%; creșterea durabilității de la 2 la 5 ori.

Teflonul. Rășină fluorocarbonată, teflonul PTFE (politetrafluoretilen) are excelente proprietăți dielectrice, rezistență remarcabilă la căldură și coeficienți de frecare scăzuți. Aceste calități au determinat folosirea acestuia în zonele cele mai critice din punctul de vedere al securității aeronavelor, motoarelor și echipamentelor acestora.

Mii de metri de fire și cabluri ale motoarelor și rachetelor sînt izolate cu teflon armat cu fibre de sticlă pentru ca acestea să poată funcționa continuu și în deplină siguranță la temperaturi înalte. De asemenea, teflonul se poate folosi în foarte bune condiții în circuitele hidraulice; rezistența sa la atacul, practic al tuturor produselor chimice cunoscute și mai ales al fluidelor sintetice, permite să se asigure tubulaturii și învelișurilor cablurilor în contact cu lichidele hidraulice un timp îndelungat de funcționare normală și sigură.

Și alte întrebuințări sînt posibile, cum ar fi, de exemplu, izolația cablajelor electrice.

Datorită proprietății antiaderente unice ale teflonului, trapele locașului trenului escamotabil sînt căptușite cu acest material, pentru a asigura în permanență o suprafață lunecoasă, care nu împiedică mișcarea liberă a trenului de aterizare, acesta fiind coborît și ridicat în condițiile unei „căderi libere". Coeficientul de frecare foarte scăzut al teflonului împiedică de asemenea trapele de a se zgîria și a se jupui, ceea ce reduce întreținerea și constituie în același timp un factor de securitate.

Hyfilul, material plastic armat cu fibre de sticlă, realizat și folosit în fabricația motoarelor turboreactoare și rachetelor de firme constructoare din U.R.S.S., S.U.A., Anglia, Franța și R. F. Germania.

Densitatea lui de aproximativ un sfert din cea a oțelului și o treime din cea a titanului, rezistența la tracțiune egală sau superioară ca a celor mai bune oțeluri, elasticitatea superioară celei a aluminiului și titanului au conferit hyfilului o largă și eficientă utilizare (tabelul 12.2).

Se folosește la fabricarea paletelor ventilatoarelor, rotoarelor și statoarelor compresoarelor (este rezistent pînă la temperatura de 400 . . .500°C).

Structura stratificată a materialului permite:

— să se obțină o rezistență mare în direcția dorită prin orientarea fibrelor;

— amortizarea oricărui început de vibrație a paletelor (masa plastică are capacitate mare de amortizare);

Tabelul 12.2.

Comparație între caracteristicile hyfilului și ale unor materiale pe care le înlocuiește

Materialul	Densitatea ρ, g/cm³	Rezistența la tracțiune R_m, N/mm²	Modulul de elasticitate E, N/cm²
Aliaje de aluminiu	2,72	420	$0,7 \times 10^6$
Aliaje de titan	4,51	1 020	$1,26 \times 10^6$
Oțel	7,75	1 100	$2,1 \times 10^6$
Mase plastice armate	2,05	1 150	$0,49 \times 10^6$
Hyfil	1,80	1 800	$1,75 \times 10^6$

— o mare siguranță în funcționare; ruperea unei fibre nu constituie amorsa de rupere a paletei;

— în cazul ruperii unor palete, datorită densității mici, permite ca deteriorările pieselor cu care vin în contact bucățile rupte să fie considerabil reduse;

— realizarea paletelor într-o gamă largă de profile aerodinamice; se pot realiza palete cu o coardă mai mare la vîrf, ceea ce permite îmbunătățirea randamentului scurgerii gazelor în porțiunea de intrare; paletele din oțel nu se pot realiza cu o coardă mare la vîrf pentru că devin mai grele și asupra secțiunii de la încastrare (prindere) acționează o forță centrifugă mare și ca urmare, la acestea se impune o anumită dimensionare (coardă mai mare la rădăcina paletei).

În fig. 12.4 se prezintă structura unei pale de elicopter iar în fig. 12.5 a unui elicopter care încorporează materiale compozite în procentaje ridicate (70—80%) (tabelul 12.3).

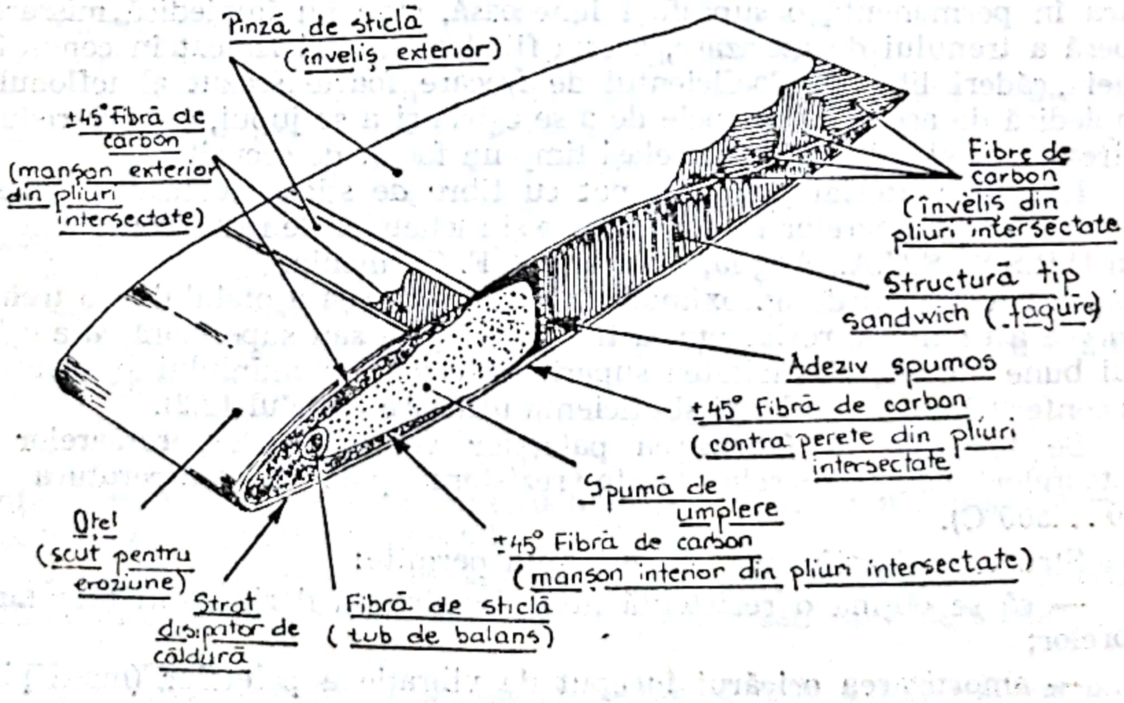


Fig. 12.4

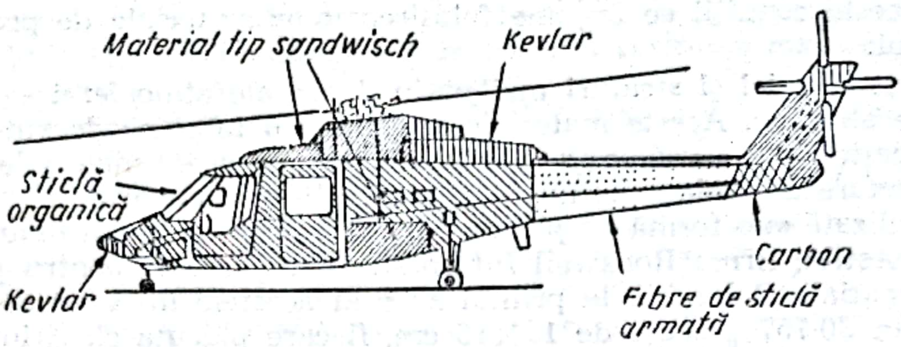


Fig. 12.5

Tabelul 12.3.

Caracteristicile diferitelor fibre utilizate pentru realizarea materialelor compozite de înaltă performanţă

Materialul	Diametrul m	Rezistenţa la tracţiune R_m MPa	Modulul de elasticitate E MPa	Densitatea ρ g/cm³	Rezistenţa specifică R_m/d	Modulul specific E/d
Sticlă		4 000—6 000	87 000	2,5	2×10^{12}	$3{,}5\times10^{13}$
Fibre de grafit:						
— grafit HT	8	2 600	250 000	1,75	1,5	14,2
— grafit	8	2 000	360 000	1,92	1	18,7
Fibre refractare:						
— Bor	100—140—200	3 200	420 000	2,6—2,7	1,2	15,8
— Borsic	100—140	3 000	420 000	2,6—2,7	1,1	15,8
— Bor/BC	100—140	3 800	420 000	2,6—2,7	1,4	15,8
— SiC	100	1 500—3 000	490 000	3,3	—	14,8
Fibre organice:						
Kevlar 49	12	2 700	130 000	1,45	1,9	9
Kevlar 29	12	2 700	60 000	1,44	1,9	4,2

5. Compozite refractare de izolaţie termică

Structura şi mai ales învelişul navelor aerospaţiale sînt puternic solicitate termic odată cu depăşirea valorii 1 a numărului Mach, ca rezultat al frecării cu păturile atmosferei, temperatura T a învelişului în zona de impact variind, conform relaţiei

$$T=T_0\left[1+\left(\frac{k-1}{k}\right)M^2\right],$$

în care: T_0 este temperatura mediului ambiant funcţie de altitudinea H; k — exponentul politropic; M — numărul Mach ($M=\frac{v}{a}=$

$$=\frac{\textit{Viteza de zbor a unei aeronave}}{\textit{Viteza sunetului}}).$$

În aceste condiţii se impune folosirea unor materiale de protecţie a învelişului.

La viteze mici şi straturi mai puţin dense ale atmosferei se folosesc materiale ablative. Aceste materiale sînt însă cu totul neadecvate pentru navele spaţiale şi ca urmare s-au realizat şi se folosesc materiale compozite refractare de izolaţie termică. Această ultimă categorie de compozite a fost realizată sub formă de plăcuţe pentru *scuturile termice ale navelor cosmice*. Astfel, firma Rockwell International a furnizat pentru protecţia navetei spaţiale Columbia la primul zbor al acesteia un strat de izolaţie format din 30 757 plăcuţe de 15×15 cm, fiecare plăcuţă cîntărind 156 g. Plăcuţele sînt proiectate ca să constituie un sistem de protecţie termică radiant care disipează fluxul termic în spaţiul atmosferic înainte ca acesta să ajungă şi să afecteze învelişul navetei. La sistemul de izolaţie s-au ales plăcuţe pentru a putea înveli tot conturul de formă complexă al struc-

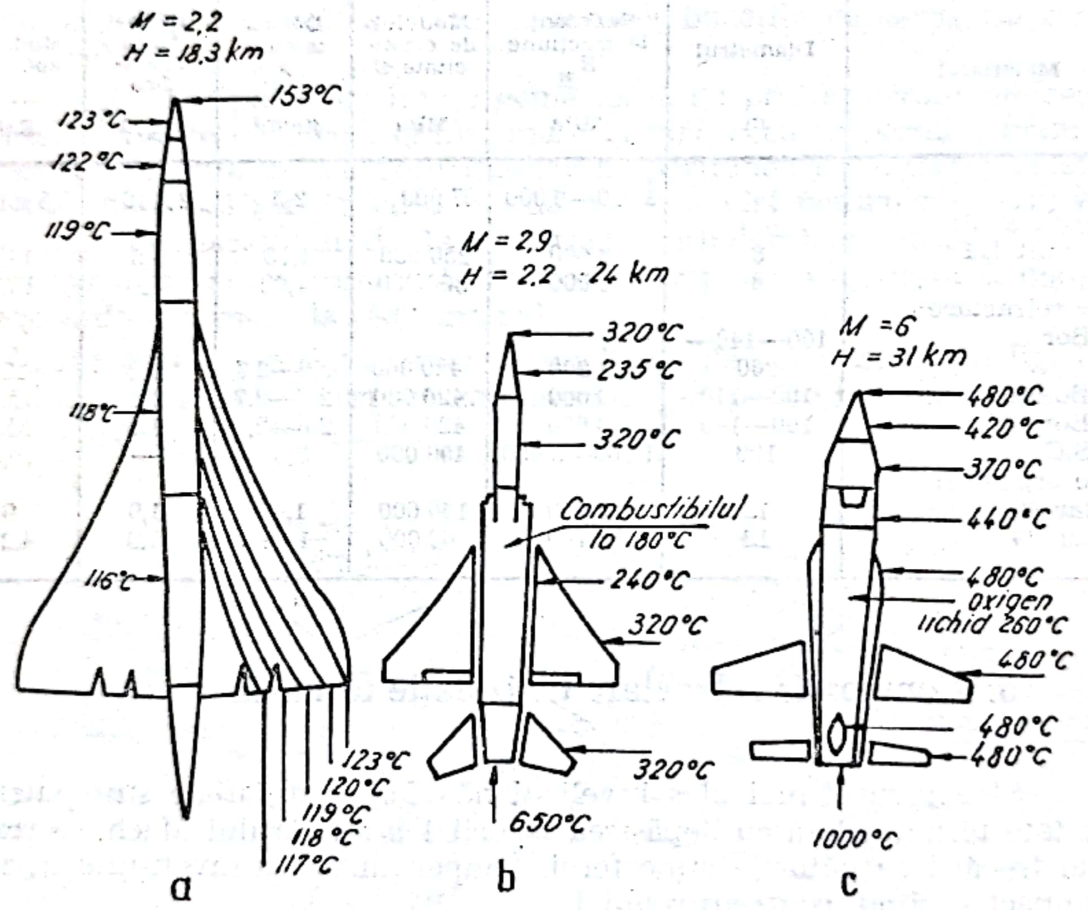


Fig. 12.6

turii de aluminiu al navetei, astfel încît să reziste în timpul misiunii la temperaturile extreme de —110°C în condiţiile zborului pe orbită şi de +1247°C la reintrarea în atmosfera terestră. Cu acest compozit, realizat după lungi şi costisitoare experimentări, cu mare putere de radiaţie, s-a realizat o structură de izolaţie cu capacitate termică redusă şi un sistem de finisare a structurii flexibil.

În urma experimentărilor în laboratoarele terestre și a folosirii lui pe naveta spațială Columbia s-au determinat cerințele majore pe care le rezolvă asemenea compozite de izolație:

a. Disipează 90% din energia termică sub formă de radiație în atmosferă cu ajutorul unei oglinzi reactive protejată cu straturi din substanțe radiante în particule de ordinul micronilor, care constituie de fapt învelișul protector al vehiculului orbital, care se încălzește la 1 247°C pentru o durată de 600 s în etapa de reintrare în atmosfera terestră.

b. Se dovedește a fi pînă în prezent unicul compozit de cuarț, care permite menținerea formei aerodinamice a corpului vehicul orbital. Structura compozitului de izolare preia șocul termic și impulsurile acustice, pe care le transmite mult atenuate structurii de rezistență.

c. Întîrzie cu 2 000 s accesul fluxului termic la învelișul de aluminiu al vehiculului spațial, ceea ce permite aterizarea fără probleme termice și protejează structura de aluminiu, care nu este solicitată la o temperatură mai înaltă de 175° (difuzivitatea termică mică este o consecință a densității și capacității termice masice mici și conductivității foarte bune ale acestor compozite).

Sistemul de izolare format din asemenea plăci — confecționate din cuarț subrăcit — asigură protecția exteriorului vehiculului orbital în proporție de 70%. Masa stratului de izolare al navetei spațiale Columbia este de cca 4 790 kg.

Un scurt istoric arată că încă din anul 1962 firma Lockheed a început experimentarea fibrelor de compozite de cuarț destinate, pentru scutul termic a navelor spațiale Apollo la cupola transparentă a antenei radiolocatorului. În același an s-au făcut încercări de zbor cu asemenea materiale compozite la bordul vehiculelor spațiale. Temperatura maximă a stratului de izolație înregistrată la reintrarea în atmosfera terestră a fost de 1 247°C. După controlul la sol al acestuia nu s-au constatat crăpături, topiri sau contracții ale învelișului din aluminiu. De asemenea, starea plăcuțelor a rămas foarte bună, ceea ce a determinat *concepția de reutilizare a navetelor* folosită acum în mod curent. Studiile, continuate și în anul 1972, au definitivat tehnologia, utilajele și matrițele de obținere a compozitelor, tehnologia de lipire a acestora pe corpul vehiculului orbital și testele finale.

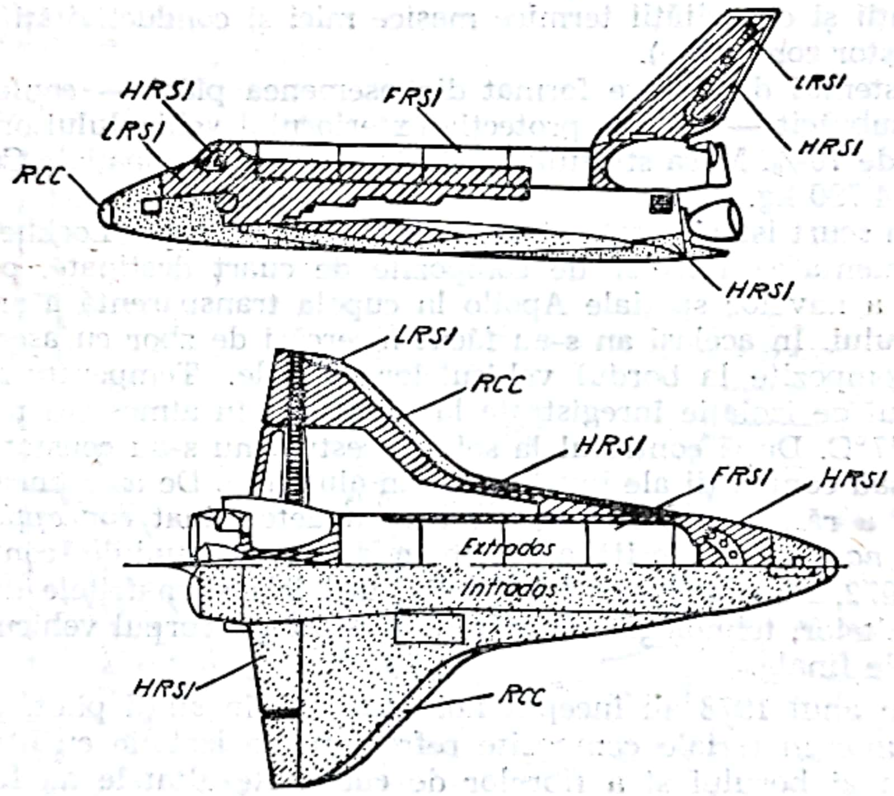
Din anul 1978 au început noi cercetări, în stații pilot, pentru realizarea unor materiale compozite refractare de izolație cu utilizarea unor compuși ai borului și a fibrelor de cuarț. Rezultatele au fost spectaculoase, prin creșterea raportului rezistență/greutate și a durității. Aceste compozite, realizate utilizînd tehnica vidului înalt și cuptoare mari pentru produse sinterizate, combinate cu introducerea oglinzii reactive protejate la suprafața plăcuțelor și cu îmbunătățirea învelișului, au condus la creșterea limitei maxime a temperaturii învelișului navetei spațiale la reintrarea în atmosfera terestră pînă la 1 495°C. S-a apreciat că în aceste condiții sistemul de izolare termică poate rezista la o temperatură de 1 260°C în 100 de misiuni.

În paralel au fost continuate cercetările pentru realizarea de compozite refractare izolatoare cu matrice de sticlă sinterizată și fibre din carbură de siliciu întărite, care conferă produsului atît mărirea rezistenței la impact cît și rezistență la propagarea fisurilor. Tehnologia obținerii

carburii de siliciu prevede densificarea și acoperirea fibrelor prin tehnica depunerii chimice în faza de vapori.

Plăcuțele din carbură de siliciu acoperite au duritatea suprafeței apropiată de cea a diamantului și formează o nouă familie de compozite refractare izolatoare, care vor putea fi folosite pînă la temperatura de 1 633°C a învelișului navetei.

În vederea automatizării procesului de obținere, prelucrare, montare, control în funcționare, întreținere și reparare, s-au determinat date și coordonate precise privind identitatea fiecărei plăcuțe, suprafețe, panou, fiecărui punct de control și s-au creat programe pe calculator, cu care se calculează și se verifică poziția fiecărei plăcuțe cu o toleranță de ±0,38 mm. Precizia este importantă deoarece fiecare plăcuță formează o parte integrantă a suprafeței aerodinamice a vehiculului orbital. Pe baza experienței acumulate s-a constatat că după fiecare zbor al navei circa 3% (≃900 buc.) trebuie înlocuite, majoritatea din cauza adezivului.



MATERIALUL COMPOZIT	SUPRAFAȚĂ [m²]	MASA [kg]	PROTECȚIA [max °C]
RCC	38	1321	1650
HRSI	481	4385	1260
FRSI	319	499	398
LRSI	265	1023	648

- Țesătură din fibre de carbon impregnate cu carbon placat cu carbură de siliciu RCC
- Fibre de sticlă cu silicat de bor ca la LSRI alb dar placat HRSI
- Nylon placat cu siliconi FRSI
- Suprafață de izolație reutilizabilă pentru temperaturi joase LRSI

Fig. 12.7

Scanned with OKEN Scanner

În literatura de specialitate plăcuţele refractare de izolare termică (fig. 12.7) sînt prezentate în patru mărci:

— RCC (reinforced carbon-carbon), material ranforsat, respectiv pînză din fibre de carbon-carbon, învelită cu carbură de siliciu, pentru zonele unde temperatura depăşeşte 1 260°C;

— HRSI (high — temperature reusable surface insulation), material de izolaţie reutilizabil, pentru zonele unde temperaturile sînt cuprinse între 650 ... 1 260°C; este compus din fibre de sticlă din silicaţi de bor, învelite cu carbură de siliciu;

— LRSI (low — temperature reusable surface insulation), material de izolare reutilizabil, pentru zonele unde temperaturile sînt cuprinse între 395 şi 650°C;

— FRSI (flexible reusable surface insulation), material reutilizabil flexibil Nomex, pentru temperaturi între 395 ... 445°C (este de fapt un nylon învelit în siliconi).

Dezvoltate în cadrul general creat de găsirea de materiale noi cu calităţi superioare (durabilitate, rezistenţă mecanică şi la temperaturi ridicate, greutate redusă), materialele compozite refractare şi-au găsit o largă utilizare în ramurile de vîrf ale industriei contemporane, domeniile spaţial şi energetic.

6. Unele preocupări actuale pe plan mondial în domeniul compozitelor

Realizări şi preocupări deosebite au fost obţinute în U.R.S.S. şi S.U.A., ca urmare a dezvoltării pe scară foarte largă a cercetărilor şi fabricaţiei de produse aerospaţiale, utilizate atît pentru domeniul civil cît şi pentru cel militar. Nivelul acestor realizări este indiferent de produsele noi create şi el este rezultatul: cerinţelor exigente ale domeniului; folosirii unui număr mai mare de cadre în cercetare, dezvoltare şi tehnologie; investiţiilor în capacităţi şi echipamente complexe de fabricaţie, experimentare şi testare; avantajelor excelente pe care le aduc greutate volumică redusă, gamă foarte largă de utilizare, rezistenţă ridicată la temperatură, umiditate şi agenţi chimici etc.

Este interesant că pentru realizarea unor asemenea materiale în U.R.S.S. şi S.U.A. se foloseşte sistemul consultărilor periodice sub forma unor simpozioane în care părţile îşi expun realizările şi intenţiile. Primul simpozion a avut loc la Riga (U.R.S.S.) în anul 1978 şi a evidenţiat progresele înregistrate, în special în privinţa destinaţiei materialelor compozite şi a utilizării calculatoarelor în fazele de cercetare, experimentare şi testare a modelelor noi de materiale compozite. Al doilea simpozion a avut loc în Pensylvania (S.U.A.), după aceeaşi metodologie şi s-a concentrat asupra consecinţelor care apar la folosirea în fabricaţie a materialelor compozite care au defecte interioare, după ruperi, tăieri etc. S-a evidenţiat complexitatea materialelor compozite, care sînt anizotrope şi, ca

Scanned with OKEN Scanner

urmare, s-au abordat noi căi și metode de calcul privind comportarea acestora, stabilindu-se unele direcții de studiu în viitor privind:

— particularitățile uzurii materialelor anizotrope;

— principiile fizice de prognozare a uzurii materialelor anizotrope;

— determinarea capacității de deteriorare prin metoda controlului nedestructiv a compozitelor pe bază de carbon;

— modelarea creșterii defectului de exfoliere a plăcilor din materiale compozite în cazul aplicării unor sarcini pulsatorii pe direcția longitudinală;

— fisuri și defecte în fibra de carbon;

— studiul deteriorării compozitelor în stare de placă plană, prin metoda luminiscent-mecanică;

— determinarea experimentală a formei fisurii și a dispunerii coeficienților de intensitate a tensiunii;

— aprecierea comparativă a metodelor de încercare la forfecare a compozitelor;

— singularitatea tensiunilor în compozitele stratificate;

— modelarea mecanismului de deteriorare a materialelor compozite din fibre;

— exfolierea compozitelor grafit — rășină epoxidică;

— rezistența la solicitări dinamice a învelișurilor cilindrice din materiale compozite stratificate;

— analiza tridimensională, prin metoda elementului finit, a acumulării uzurii în materiale compozite stratificate;

— stabilirea ecuației de stare a maselor plastice armate, deteriorate datorită solicitărilor termice și mecanice;

— propagarea fisurilor datorită oboselii, în plăci presate din materiale compozite, în condițiile mediului ambiant;

— aprecierea rezistenței materialelor compozite care au incluziuni cu unghiuri ascuțite.

Scanned with OKEN Scanner

13

Fonta cu grafit nodular bainitică, un material cu caracteristici deosebite

Dr. ing. *I. Riposan*
Prof. dr. ing. *L. Sofroni*
Institutul Politehnic București

1. Tipuri de fonte cu grafit nodular

La 40 de ani de producție industrială, eveniment recent evidențiat [1], fonta cu grafit nodular se bucură de un interes tot mai mare, atît din partea utilizatorilor cît și producătorilor săi. Statistici recente semnalează faptul că acest material reprezintă, pe plan mondial, circa 21% din totalul aliajelor feroase turnate în piese, cu o tendință continuă de extindere [2]. În țara noastră, cu vechi tradiții în studiul și producerea fontei cu grafit nodular, preocupările în acest domeniu sînt permanente, acțiunile întreprinse în ultimii ani avînd menirea să contribuie la creșterea ritmului de producție și la extinderea domeniilor de utilizare, îndeosebi ca înlocuitor al oțelului, mare consumator de energie [3].

Ca material standardizat (STAS 6071-75), fonta cu grafit nodular folosită în mod obișnuit cuprinde trei mari clase, funcție de componența masei metalice de bază, și anume:

a) Fgn *feritică*, obținută prin tratament termic sau direct din turnare, caracterizată printr-o rezistență la tracțiune în limitele 350 ... 450 N/mm², specificiul acestui material fiind înalta plasticitate (A=12 ... 25%) și tenacitate.

b) Fgn *perlitică*, realizată de regulă direct din turnare, eventual cu apelarea la unele elemente de aliere (Ni, Cu, Mo etc.), are valori ridicate ale caracteristicilor de rezistență (R_m=600 ... 800 N/mm²), dar cu o plasticitate scăzută (A=2 ... 5%).

c) Fgn *ferito-perlitică*, cu o masă metalică formată din proporții controlabile de ferită și perlită (de obicei prin tratament termic), asigură o combinare a caracteristicilor de rezistență și plasticitate, ambele însă la valori nu prea mari: R_m=450 ... 600 N/mm², A=5 ... 10%.

Avînd în vedere faptul că apelarea la elemente de aliere este tot mai limitată, ca urmare a costului lor tot mai ridicat, tratamentul termic poate constitui un mijloc de îmbunătățire a caracteristicilor fizico-mecanice și de exploatare a acestor fonte.

Astfel, tratamentul termic de călire și revenire care asigură o masă metalică martensitică constituie o alternativă de realizare a unor carac-

teristici de rezistență la valori ridicate (R_m=800 ... 1 000 N/mm²), în condițiile unei alungiri de ordinul A=2 ... 8%. Deci aceste fonte pot realiza o combinare avantajoasă între caracteristicile de rezistență și plasticitate, un raport la valori ridicate între limita de curgere și rezistență la tracțiune, precum și o fragilitate mai scăzută, în raport cu fonta perlitică.

De o atenție deosebită se bucură însă în ultimul timp o altă cale de obținere a fontelor cu grafit nodular cu performanțe deosebite și anume realizarea unei mase metalice bainitice, printr-un tratament termic de călire cu menținerea izotermă în domeniul de transformare bainitică.

Cunoscute în general sub denumirea „Austempered Ductile Irons" (ADI), fontele cu grafit nodular bainitice combină caracteristici mecanice și de exploatare deosebite, unele chiar contradictorii: R_m=900 ... 1 600 N/mm², A=2 ... 12%, 280 ... 500 *HB*, o bună reziliență și rezistență la uzare etc.

2. Obținerea fontelor cu grafit nodular bainitice

Obținerea acestor fonte cuprinde două etape principale, la fel de importante, care se condiționează reciproc și care contribuie la realizarea caracteristicilor finale: turnarea unor piese în anumite condiții și aplicarea unui tratament termic specific. Experiența producerii acestor materiale evidențiază tot mai mult faptul că rezultatele tratamentului termic și ca atare și performanțele în exploatare sînt determinate de condițiile de compoziție chimică, elaborare, modificare și turnare a fontei.

Condiții de turnare a pieselor. La obținerea pieselor ce urmează a fi supuse tratamentului termic specific, o atenție deosebită trebuie acordată compoziției chimice, ca atare materialelor utilizate în încărcătură, condițiilor de elaborare, operației de modificare și postmodificare, turnării și solidificării fontei în formă.

Compoziția chimică stabilită se bazează pe mai multe principii: preîntîmpinarea formării carburilor, inclusiv a celor intergranulare, evitarea segregării elementelor și formarea de faze la limitele celulelor eutectice, asigurarea unei călibilități ridicate, în strînsă corelație cu grosimea de perete a pieselor turnate, asigurarea formării grafitului nodular, cu compactitate ridicată. Pornind de la aceste principii, se fixează condiții pentru toate grupele componente ale compoziției chimice, respectiv pentru compoziția chimică de bază, elementele de aliere și elementele însoțitoare. În tabelul 13.1 sînt prezentate condițiile de bază impuse compoziției chimice finale a fontelor cu grafit nodular bainitice.

Compoziția chimică finală a fontelor

Compoziția chimică de bază, %				
C	Si	Mn	P	S
3,0 ... 3,8	2,0 ... 2,8	max. 0,4	max. 0,04	max. 0,015

Scanned with OKEN Scanner

În ceea ce privește compoziția chimică de bază se remarcă valorile ridicate ale carbonului și siliciului, dar în limitele uzual folosite la Fgn precum și limitarea manganului, fosforului și sulfului. O astfel de compoziție chimică se apropie în mare măsură de cea impusă fontelor cu grafit nodular feritice, de înaltă plasticitate și tenacitate. Fără să urmărească obținerea structurii feritice în stare turnată, această compoziție chimică asigură însă realizarea celorlalte obiective: acțiunea grafitizantă puternică manifestată de C și Si; limitarea acțiunii carburigene a manganului, acest element favorizînd și segregarea martensitică interdendritică [4], din care cauză pe măsură ce crește grosimea de perete, conținutul său scade, ca de ex. de la max. 0,4% Mn pentru max. 30 mm, la max. 0,3% Mn, pentru grosimi mai mari [2]; fosforul favorizează formarea fazelor intercelulare cu puternic efect fragilizant [5], în timp ce sulful manifestă acțiunea sa specifică în Fgn.

În vederea preîntîmpinării formării perlitei în timpul tratamentului termic, respectiv pentru creșterea călibilității fontei, la grosimi de perete mai mari (de regulă peste 25 mm), se apelează la elemente de aliere, tipice fiind Mo, Ni, Cu. Acțiunea cea mai puternică o are molibdenul, dar rezultate deosebite se obțin la o combinare Ni—Mo, frecvente fiind valorile: 1,5% Ni — 0,3% Mo [6], 1,5% Ni — 0,6% Mo [7], 2% Ni — 0,15% Mo [8] etc. Semnificative sînt în acest sens datele BCIRA* [2], care recomandă grade de aliere, în strînsă corelație cu grosimea de perete: fonte nealiate la max. 25 mm, 0,8% Ni — 0,10% Mo la 25×45 mm și 0,8% Ni — 0,25% Mo la 45×45 mm. Cuprul, ca element de aliere, este utilizat de regulă ca înlocuitor, parțial sau total, al nichelului, ca de exemplu: 0,1 ... 1,5% Cu, 0,2 ... 0,8% Mo și posibil 0,01 ... 3% Ni [9], 0,3 ... 2,0% Cu, 0,01% Mo, 0 ... 3,0% Ni [10], 1% Cu ... 0,2% Mo [11] etc.

Utilizarea manganului este de regulă evitată, datorită acțiunii sale carburigene, deși combinații 1% Cu — 1% Mn au dat bune rezultate în ceea ce privește călibilitatea [12]. Din aceleași motive, cromul este de regulă exclus din compoziția acestor fonte. Sînt semnalate însă situații în care conținuturi de pînă la 0,3% Cr au contribuit la mărirea rezistenței la oboseală, dar aceasta în dauna plasticității și tenacității [8].

Se atrage atenția asupra faptului că grade exagerate de aliere determină nu numai creșterea nejustificată a costului pieselor, dar influențează negativ și proprietățile fontelor, în special la temperaturi scăzute (sub zero grade) [20].

---

* BCIRA — British Cast Iron Research Association — Anglia.

Tabelul 13.1

cu grafit nodular bainitice

Elemente de aliere, %			Elemente însoțitoare, %		
Ni	Mo	Cu	Elemente antigrafitizante	Elemente antinodulizante	Elemente ce favorizează segregații
0 ... 2	0 ... 0,8	0 ... 2,0	max. 0,05	max. 0,05	Excluse

În ceea ce privesc elementele însoţitoare, sînt urmărite şi limitate atît elementele ce favorizează formarea carburilor (antigrafitizante) cît şi cele cu acţiune antinodulizantă, neacceptîndu-se elemente ce formează faze cu tendinţă de segregare.

Structura în stare turnată a pieselor ce urmează să fie supuse tratamentului termic trebuie să satisfacă o serie de condiţii: grad maxim de nodularitate a grafitului, cu compactitate ridicată şi grad avansat de finisare [14, 17], o solidificare la o viteză mare de răcire (ex. forme metalice) fiind avantajoasă [15, 18]; absenţa carburilor şi a altor faze, îndeosebi segregaţiile de la limita grăunţilor, acestea din urmă avînd o acţiune deosebită asupra transformării bainitice [5, 13, 16, 17]; absenţa porozităţilor, suflurilor, incluziunilor etc. şi în general a oricărui defect de turnare, acestea influenţînd atît condiţiile de desfăşurare a tratamentului termic cît şi caracteristicile finale [2, 16].

Modificarea se realizează în condiţii similare celorlalte tipuri de fonte cu grafit nodular, trebuind însă să fie asigurat un control mai riguros al operaţiilor de modificare compactizantă şi postmodificare grafitizantă, în vederea asigurării caracteristicilor structurale prezentate mai înainte. Apreciem că utilizarea modificatorilor tip Mg—Ce (Nodulin SC) şi postmodificare cu modificatori complecşi (tip Modifin), de preferat în formă, pot contribui la îndeplinirea condiţiilor impuse acestor fonte.

Tratamentul termic specific. Tratamentul termic aplicat în vederea realizării unei mase metalice principial bainitice, constă din mai multe faze (etape), aşa cum rezultă şi din fig. 13.1.

Încălzirea şi menţinerea pentru austenitizare se pot realiza în cuptoare electrice sau cu flacără, de preferat în atmosferă inertă sau controlată, pentru limitarea oxidării.

Temperatura de austenitizare T_A joacă un rol deosebit de important, atît în realizarea unei transformări austenitice corespunzătoare cît şi în evitarea apariţiei unor fenomene cu efect negativ. În general, austenitizarea se realizează în domeniul 850 ... 950°C (frecvent 900°C), durata de austenitizare fiind de min 1 h. Se remarcă faptul că creşterea temperaturii de austenitizare determină reducerea timpului de menţinere izotermă ulterioară, deci a costului [6] dar favorizează tendinţa de segregare a unor elemente (în special fosfor) la limita grăunţilor [5] precum şi segregaţia martensitică interdendritică [4], cu efect negativ asupra proprietăţilor finale, în special a tenacităţii. În aceste condiţii, se recomandă T_A sub 900°C (ex. 870°C) îndeosebi la fontele cu mangan şi fosfor ridicat.

Răcirea pieselor după austenitizare se realizează cu viteză foarte mare (5 ... 15°C/s), astfel încît în max. 2 min să se ajungă în domeniul de transformare bainitică, ceea ce asigură împiedicarea formării perlitei (la piesele cu pereţi groşi şi cu ajutorul elementelor de aliere).

Piesele scoase din cuptorul de austenitizare sînt introduse în mediul de răcire şi menţinere izotermă, acesta putînd fi constituit din mai multe materiale:

— băi de ulei, pentru temperaturi ce nu depăşesc 260°C, cu avantajul că nu are loc procesul de încărcare sau corodare a pieselor;

— băi de săruri, realizate din diferite combinaţii de $NaNO_3$, KNO_3, $NaNO_2$, $NaOH_2$, KOH, KNO_3, funcţie de temperatura de lucru a pieselor (tabelul 13.2) [19];

Tabelul 13.2

Compoziția și domeniul de utilizare a băilor de săruri uzuale

Compoziția	Temperatura de lucru °C
100% $NaNO_3$ 50% KNO_3+15% $NaNO_3$+35% $NaNO_2$	325 ... 600 160 ... 590
100% NaOH 50% NaOH+50% KOH 20% NaOH+80% KOH	350 ... 400 250 ... 538 150 ... 500
100% KNO_3 100% $NaNO_2$	360 ... 600 300 ... 500
50% KNO_3+45% $NaNO_3$+5% $NaNO_2$	145 ... 590

— pat fluidizat (ex. alumină), acest mediu avînd însă dezavantajul că nu permite realizarea unei răciri cu viteză mare.

Menținerea izotermă în vederea desfășurării transformării bainitice este un factor deosebit de important, determinînd direct caracteristicile finale ale fontelor.

Domeniul de temperaturi la care se realizează această menținere este relativ larg (T_{iz}=235 ... 450°C), la o durată de ordinul 0,5 ... 4,0 h.

Funcție de temperatura de menținere izotermă, produsele transformării diferă:

— la temperaturi scăzute (sub 300°C), structura conține cantități însemnate de martensită, alături de bainită inferioară, îndeosebi la durate mici de menținere;

— la temperaturi ridicate de menținere, structura va conține austenită reziduală, alături de bainită superioară;

— domeniile de formare a tipurilor distincte de bainită sînt în principiu următoarele [2]:

— bainită inferioară, în domeniul 235 ... 330°C;
— bainită inferioară + bainită superioară la 330 ... 370°C;
— bainită superioară la 370 ... 450°C.

Răcirea finală a pieselor, după menținerea izotermă, se realizează în aer, pînă la temperatura camerei.

De un interes deosebit se bucură în ultimii ani, tehnologia bazată pe dezbaterea pieselor la temperaturi ridicate (850 ... 1 000°C), cu o răcire controlată în pat fluidizat [21] sau băi de săruri [22]. O altă lucrare [23] propune următorul regim: dezbatere piese la 870°C, răcire în aer pînă la 370°C, menținere 2 h la această temperatură într-un container cu materiale izolante, urmată de o răcire în aer pînă la 20°C. La turnarea pieselor în forme metalice, rezultate bune au fost obținute la următorul regim: evacuare piese la 1 700 ... 1 800°F, austenitizare în cuptor la 1 600°F, urmată de menținere izotermă în băi de ulei, săruri sau în pat fluidizat [18]. În toate cazurile, se obțin mari economii de energie.

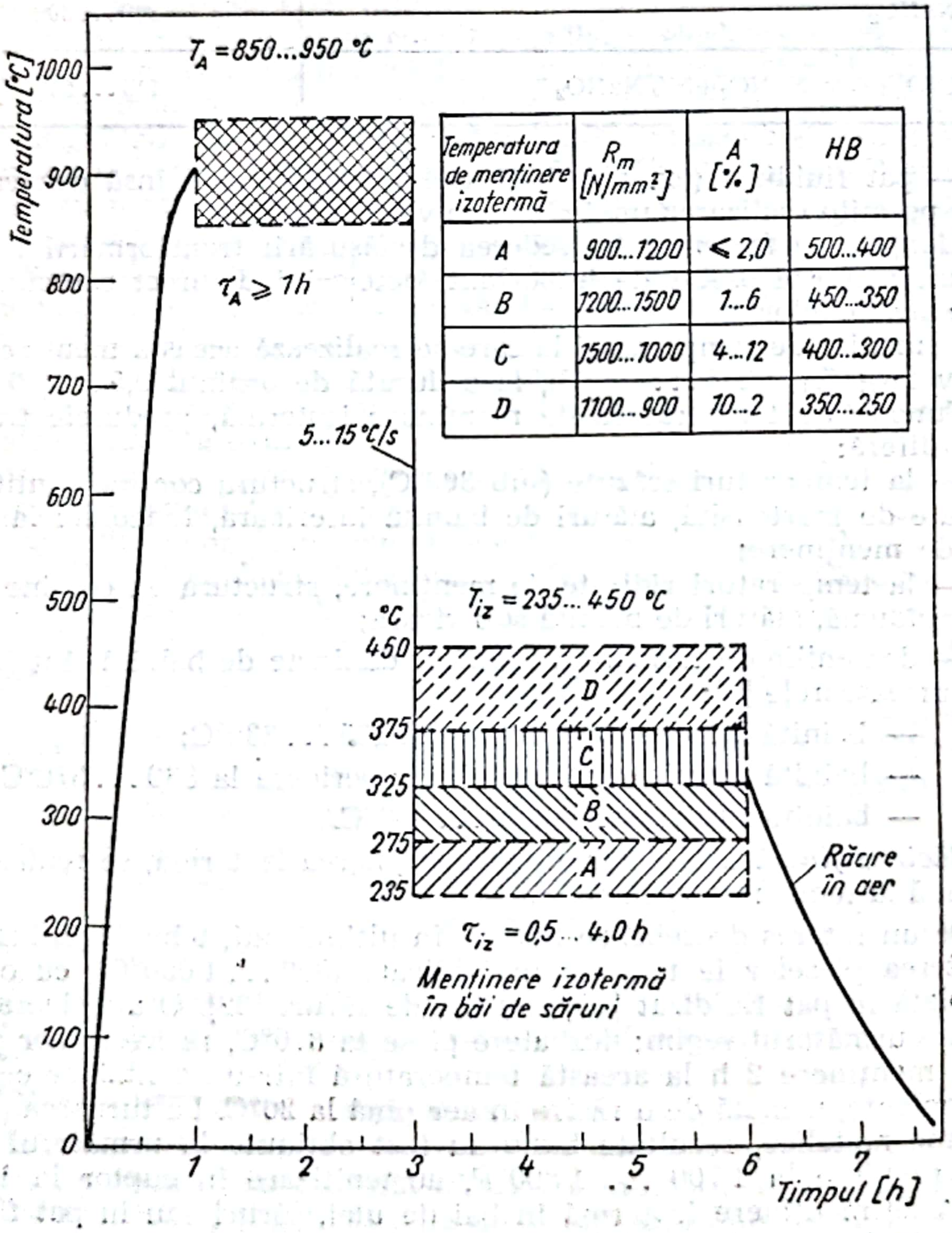
Scanned with OKEN Scanner

3. Proprietăţile fontelor cu grafit nodular bainitice

Caracteristicile mecanice şi de exploatare a acestui material sînt direct determinate de condiţiile de realizare a întregului ciclu de fabricaţie, respectiv atît de modul de turnare cît şi de desfăşurare a tratamentului termic.

O importanţă deosebită are însă temperatura la care se realizează menţinerea izotermă, care dictează componenţa masei metalice finale şi ca atare şi proprietăţile.

Din datele prezentate în fig. 13.1—13.3 rezultă următoarele:



Temperatura de menţinere izotermă	R_m [N/mm²]	A [%]	HB
A	900...1200	≤ 2,0	500...400
B	1200...1500	1...6	450...350
C	1500...1000	4...12	400...300
D	1100...900	10...2	350...250

Fig. 13.1. Diagrama de tratament termic în vederea obţinerii fontei cu grafit nodular bainitice.

Scanned with OKEN Scanner

— existența unui maximum în ceea ce privesc caracteristicile de rezistență (R_m=1 200 ... 1 600 N/mm²), corespunzător unei menţineri izoterme la 275 ... 325°C, caz în care alungirea are valori de ordinul 1 ... 6%, iar duritatea este de 350 ... 450 *HB*;

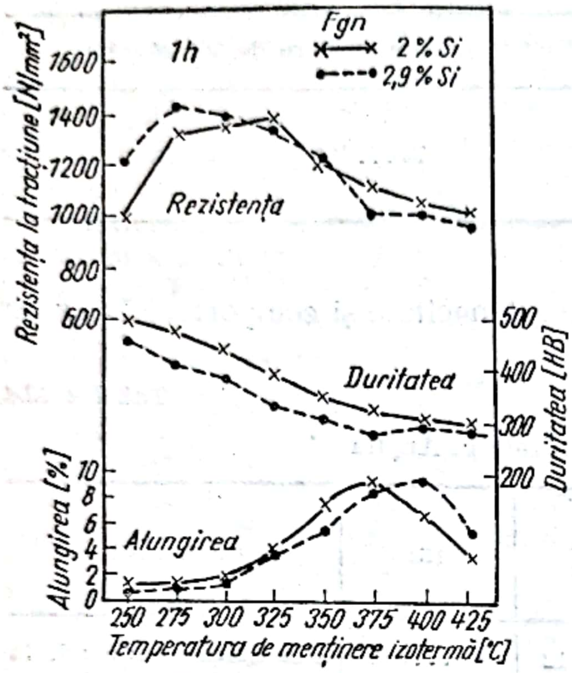


Fig. 13.2. Influenţa temperaturii de menţinere izotermă asupra caracteristicilor mecanice ale fontei cu grafit nodular bainitice [2].

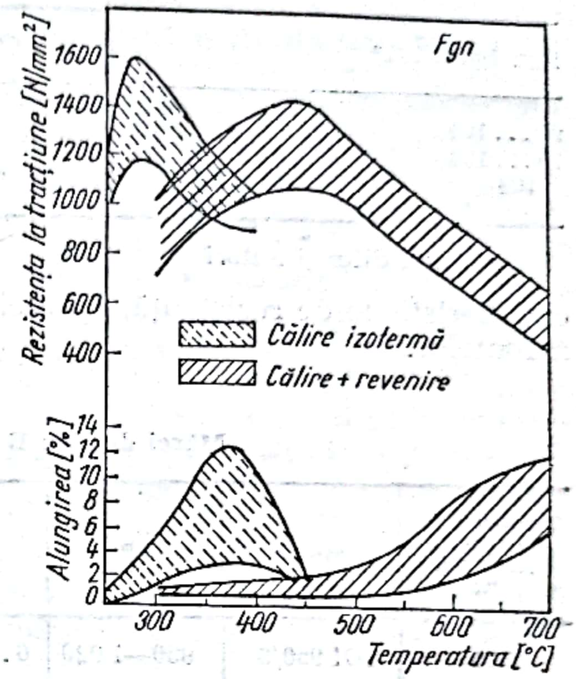


Fig. 13.3. Comparaţie între proprietățile fontelor cu grafit nodular, supuse tratamentelor termice de călire izotermă şi călire şi revenire [2].

— *alungirea* prezintă valorile maxime (4 ... 12%) la o menţinere izotermă în domeniul 350 ... 400°C, cînd R_m=900 ... 1 300 N/mm² iar duritatea este de 300 ... 400 *HB*;

— rezistența maximă la uzare se realizează atunci cînd în structură apare şi martensită, alături de bainită inferioară, respectiv la T_{iz}<300°C; de exemplu, la 230°C, rezultă durităţi de ordinul 45 ... 47 *HRC*;

— *caracteristici bune* de *plasticitate*, tenacitate şi rezistenţă la oboseală se realizează la T_{iz}=350 ... 400°C, cînd alături de bainita superioară există şi austenită;

— *tenacitatea* acestei fonte se află la cote ridicate, fiind comparabilă cu cea a oţelului, aşa cum rezultă şi din tabelul 13.3;

— *rezistenţa la oboseală este ridicată*, fiind superioară în raport cu fonta cu structură perlitică şi apropiată de cea a oţelului;

— deşi cu duritate ridicată, prelucrabilitatea este bună; totuşi, se recomandă ca prelucrarea mecanică să se efectueze înainte de tratamentul termic.

În tabelul 13.4 sînt prezentate mai multe mărci de Fgn bainitică, realizate în Anglia de către BCIRA [2].

Rezultă deci că prin intermediul condiţiilor de realizare a menţinerii izoterme (temperatură şi timp) pot fi realizate diferite combinaţii între

Tabelul 13.3

Tenacitatea Fgn bainitică

Tenacitatea Fgn bainitică şi a oţelului exprimată prin factorul K_{1C}, în $MN/m^{3/2}$

Fgn bainitică*	Oţel cu limita de curgere de 605 N/mm²
90...105 75...104 104	75...125

* După diferiţi autori

caracteristicile de rezistenţă, plasticitate, tenacitate şi comportare la uzare a fontelor.

Tabelul 13.4

Mărci de Fgn B utilizate în Anglia

Temperatură menţinere izotermă °C	Marca	R_m N/mm²	A %	HB	Caracteristici
375	ADI 950/6	950—1 020	6...12	300...310	Plasticitate ridicată, la o rezistenţă bună
350	ADI 1050/3	1 050—1 130	3...8	345...355	Valori intermediare ale rezistenţei şi plasticităţii
325	ADI 1200/1	1 200—1 300	1...6	390...400	Rezistenţă mare, cu o plasticitate limitată

4. Domenii de utilizare

Asocierea neobişnuită la acelaşi material a unor caracteristici uneori complet diferite a determinat un interes care se află în continuă creştere faţă de acesta.

Fonta cu grafit nodular bainitică constituie un material care înlocuieşte cu succes oţelul turnat, forjat, cementat, călit superficial etc., cu o eficienţă remarcabilă, constînd în principal din:

— reducerea cu circa 10% a greutăţii pieselor;

— reducerea cu circa 50% a consumului de energie;

— reducerea costului de fabricaţie;

— prelucrabilitatea bună, la durităţi similare cu ale fontei albe;

— proprietăţi de turnare mai bune, deci posibilitatea producerii unor piese complexe;

— capacitatea mai mică de deformare la tratament termic;
— modul de elasticitate mai scăzut;
— sensibilitate mai mică la efectul de crestare.

În tabelul 13.5 au fost sintetizate principalele domenii de utilizare a fontelor cu grafit nodular bainitice, cu exemplificarea unor piese tipice produse în prezent pe plan mondial.

Cel mai vechi și în același timp principalul domeniu de utilizare a fontei cu grafit nodular bainitice îl constituie producerea *roților dințate*, angrenajelor, mecanismelor, roților de lanț etc., deci a unor piese solicitate atît mecanic cît și la uzare. Începută în anii 1970 [26] dar cu extindere practică după anul 1976 [2] producția acestor piese din FgnB a căpătat o extindere deosebită, bucurîndu-se de atenție din partea celor mai mari firme producătoare de mașini și utilaje, din toate domeniile industriale (ca de ex. FIAT, Renault, G. Fischer). Astfel, firma Georg Fischer (Elveția) produce peste 350 000 roți dințate/an, pentru diferite firme constructoare de automobile din lume, realizînd în acest domeniu trei mărci de fonte: GF 100 (T_{iz}=235°C), GF 120 (T_{iz}=320°C) și GF 140 (T_{iz}=270°C). Se recomandă ultima marcă, despre care se consideră că îmbină în bune condiții rezistența la uzare cu cea la oboseală și rupere, astfel de piese fiind utilizate la autovehiculele pentru pasageri. Rezultate bune au fost obținute la menținerea în băi de ulei [2, 24].

Firma Atmosphere Furnace G, din S.U.A. consideră ca tipică pentru turnarea roților dințate fonta cu grafit nodular bainitică cu rezistență și duritate ridicată, realizată printr-o menținere izotermă la temperaturi scăzute (sub 300°C) [27].

Un studiu al Pieței Comune (EEC) [28], privind utilizarea FgnB în acest domeniu remarcă rezultatele deosebite obținute de către FIAT (2,5 h la 235°C), care a înlocuit piese carbonitrurate din oțelul 18 Cr Mo 4 forjat.

În majoritatea cazurilor, piesele din domeniul roților dințate, supuse la solicitări de uzare și oboseală, se realizează din FgnB, la care menținerea izotermă este realizată sub 300°C.

O altă firmă însă, respectiv Kymenite-Strömberg Corp din Finlanda utilizează marca Kymenite 9805, obținută la o transformare izotermă mai ridicată, respectiv la 340 ... 390°C, caz în care se realizează o tenacitate deosebită [25].

În S.U.A. a fost creat un consorțiu cu participarea a 30 de firme, ce reunește specialiști-producători-utilizatori de roți dințate, cu un capital federal de 1,1 mil. dolari, în vederea utilizării fontei cu grafit nodular bainitice în locul oțelului [2].

Un alt domeniu de utilizare cu o tot mai mare extindere, îl constituie piesele din construcția autovehiculelor rutiere, cu solicitări mecanice puternice (v. tabelul 13.5). În acest cadru se remarcă atenția acordată *arborilor cotiți,* în multe țări fonta cu grafit nodular fiind materialul de bază (de ex. în S.U.A., din Fgn se produc peste 90%) [29]. Dacă pentru automobilele ușoare Fgn perlitică (la noi în țară Fgn 700-2) prezintă caracteristici corespunzătoare, la solicitări grele acest material nu a mai corespuns, din care cauză s-a apelat la oțelul forjat.

În prezent, un mare număr de firme constructoare de automobile optează pentru fonta cu grafit nodular bainitică, ca *material de înlocuire a oțelului forjat* pentru arborii cotiți și alte componente, supuse la soli-

Tabelul 13.5

Domenii de utilizare a fontelor cu grafit nodular bainitice

Domeniul	Piese tipice produse
1	2
Roţi dinţate, angrenaje, mecanisme	— Pinion hyperboloid punte spate şi coroane dinţate Pontiac (General Motors, pentru înlocuirea oţelului forjat cementat) — Idem pinion pentru autocamioane uşoare şi grele (China) — Angrenaje planetare — Cuplaje diferenţiale — Inele de asamblare segmentate — Roţi melcate — Angrenaje conice pentru automobile
Roţi de lanţ	— Roţi pentru lanţ, la utilaje mari (Japonia) — Idem, pentru maşini din industria hîrtiei (Europa) — Roată de lanţ pentru maşini de săpat şanţuri — Roţi de lanţ şi articulaţii de lanţ pentru conveiere
Autovehicule rutiere	— *Arbori cotiţi.* De exemplu, pentru înlocuirea oţelului forjat la motorul V 8 produs de firmele: Volvo, Mercedes, Leyland, Daimler Benz, General Motors, pentru vehicule grele (Ford începe în 1987). Tipuri de motoare: Diesel, pentru autocamioane şi tractoare; cu turbină supraalimentate; cu compresor; de curse. Tipuri de arbori cotiţi: cu filete roluite adînc, pentru unităţi frigorifice şi de aer condiţionat (S.U.A.), pentru compresoare (Elveţia), pentru unităţi de pompaj (S.U.A.) — Amortizoare, schimbătoare de viteză, fuzete, componente direcţie, furci selectoare, cruci cardanice (S.U.A., Germania, Finlanda) — Suspensii şi console (camion Saab Scania) — Carcase de diferenţial — Piese utilizate de U.S. Army (papuci şenile, braţe suspensie, roată de lanţ conducătoare, tank Abrams M_1) — Elemente de suspensie ale vehiculelor comerciale — Componente de vehicule grele, civile şi militare — Braţe de suspensie
Utilaj feroviar	— Dispozitiv de frînare la locomotivă de manevră — Articulaţii la suspensii şi lagăre — Plăci laterale la vagoane pentru turbă — Blocuri de cuplare pentru vagoane de minereu — Elemente de susţinere pentru vehicule feroviare — Boghiuri şi roţi pentru şină
Utilaje şi instalaţii ce lucrează în condiţii grele, inclusiv de uzare	— Piese de utilaje pentru terasamente (capac lagăr boghiu, ghidaje de şenile, pinion conducător, cruce cardanică) — Coroane de foraj pentru mine de cărbuni şi petrol — Cilindrii conducători pentru maşini de concasat

1	2
	— Plăci pentru şenile — Ghidaje pentru matriţe — Dinţi pentru maşini de defrişat — Role pentru trefilare — Plăci de uzură şi ghidaje pentru echipamente de fabricare a cutiilor de carton
Agricultură	— Dispozitive pentru plantare — Fier lat pentru plug — Cuţit plug
Scule turnate	— Dispozitive de tăiere — Cuţite pentru maşini de tăiat anvelope uzate — Freze
Diverse	— Corp filtre — Componente hidraulice

citări mecanice puternice (v. tabelul 13.5). Pentru astfel de piese se practică de regulă menţineri izoterme în domeniul 350 . . . 400°C, cînd se realizează tenacitate ridicată [2], cel mai adesea la 370°C [30] sau 360 . . . 375°C [31]. În fig. 13.4 este prezentat un arbore cotit produs în ţara noastră din fontă cu grafit nodular, cu structură perlito-feritică în stare turnată (fig. 13.5, *a*) şi bainito-austenitică după tratamentul termic (fig. 13.5, *b*). Fonta are compoziţia chimică constînd din 3,66% C, 2,2% Si, 0,4% Mn, 0,023% P, 0,77% Ni, 0,65% Cu, 0,2% Mo, tratamentul termic aplicat fiind caracterizat prin menţinere de 2 h la 900°C în cuptor şi 2 h la 370°C (în băi de săruri). În aceste condiţii, au fost obţinute caracteristici mecanice de ordinul R_m=850 N/mm², A=9 . . . 10%, KCU=20 J/cm², duritatea 290 HB [32].

Pentru această categorie de piese, se consideră că nu valoarea rezilienţei în sine are cea mai mare importanţă ci o îmbinare a caracteristi-

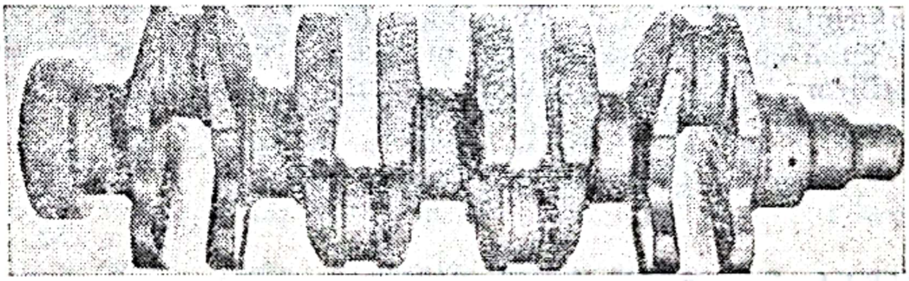


Fig. 13.4. Arbore cotit produs din fontă cu grafit nodular bainitică.

cilor de rezistenţă mecanică, la oboseală şi plasticitate, tenacitatea la rupere în condiţii de solicitări complexe fiind ridicată (vezi tabelul 13.3).

Aşa cum rezultă şi din tabelul 13.5, domeniile de utilizare ale fontei cu grafit nodular bainitice sînt deosebit de diverse, cuprinzînd şi *utilajul*

feroviar, agricol, mașinile și utilajele ce lucrează în condiții de uzare grele, componentele hidraulice, scule turnate etc.

Interesul pentru acest material a condus la organizarea în ultimii ani a o serie de manifestări internaționale, care au urmărit elucidarea diferitelor aspecte ale producerii și utilizării sale, contribuind la extinderea

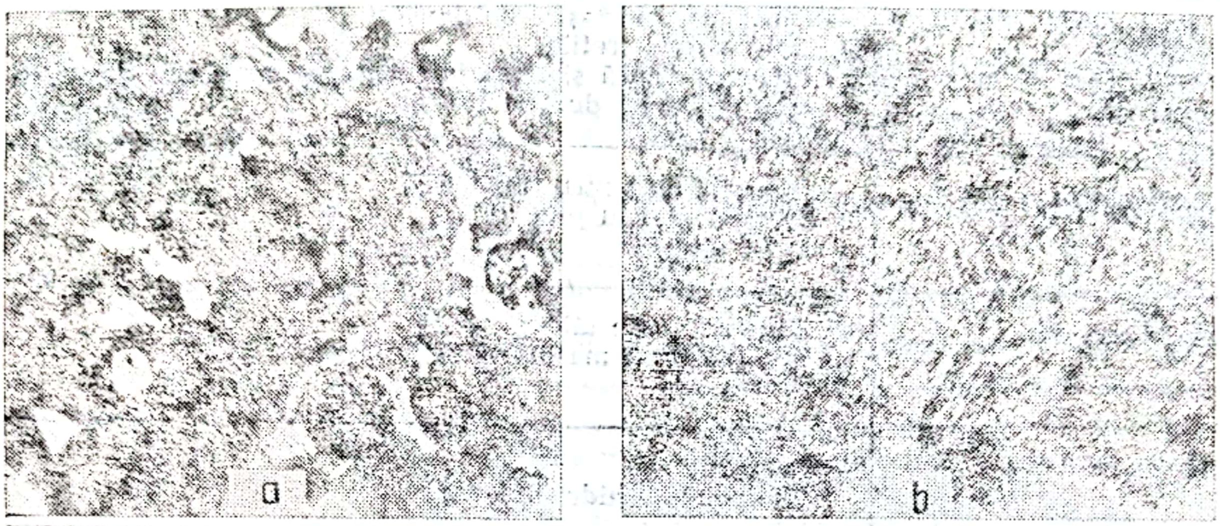


Fig. 13.5. Structura în stare turnată (*a*, 100 : 1) și după tratamentul termic (900°C/2 h—370°C/2 h) (*b*, 500 : 1) a unor fonte cu grafit nodular, aliate 0,77% Ni—0,65% Cu—0,2% Mo. Atac nital 2%.

producerii fontei cu grafit nodular bainitice. În acest sens se amintesc cele două Conferințe Internaționale referitoare la Fgn B organizată la Chicago în anul 1984 și la Ann Arbor (S.U.A.) în 1986 și Simpozionul Internațional pe aceeași temă organizat în Anglia în anul 1985, precum și secțiunile referitoare la acest material realizate la cel de-al 3-lea Simpozion Internațional al fontei turnate în piese (Stockholm, 1984), manifestare ce se organizează o dată la 10 ani, ca și în cadrul Conferinței Internaționale privind Fgn, organizată în Anglia în aprilie 1987, cu ocazia împlinirii a 40 de ani de producție industrială a acestei fonte.

Și în țara noastră, interesul manifestat pentru acest material este în continuă creștere, conturîndu-se două domenii principale de utilizare: arborii cotiți pentru automobile [32] și roțile dințate [32, 33, 34]. Cea de-a 10-a Conferință Națională de Turnătorie (Reșița, mai 1987) a contribuit la o mai bună cunoaștere a acestui material, a condițiilor sale de fabricație și utilizare, oferind o serie de date pentru dezvoltarea producției sale.

BIBLIOGRAFIE

1. * * * *S. G. Iron — The Next 40 Years* — BCIRA International Conference, 7—9 aprilie 1987.
2. HARDING, R. A. și GILBERT, G.N.J. *Why the properties of austempered ductile irons should interest engineers.* In: The British Foundryman, decembrie 1986, p. 489—496.

3. SOFRONI, L. şi RIPOŞAN, I. *Fonta cu grafit nodular la 40 de ani de existentă.* În: Metalurgia, nr. 2, 1987, p. 95—96.
4. ROUNS, T. N. ş.a. *On the structure and properties of ADI Cast Irons.* În: AFS Transactions, vol. 12, 1984, p. 815—840.
5. KLUG, R. C. ş.a. *Embrittlement of ADI: grain boundary phosphorus enrichment resulting from precipitate decomposition.* În: Metalurgical Transactions, mai 1985, p. 797—805.
6. IANOWAK, J. F. şi MORTON, P. A. *A quide to mechanical properties possibile by austempering 1,5% Ni — 0,3% Mo ductile Iron.* În: AFS Transactions, vol. 92, 1984, p. 489—498.
7. LEI, T. S. ş.a. *Rolling — sliding contact fatique of ADI with and without Ni-Mo.* În: 1-st International Conference of ADI, 1984, A.S.M., p. 45—52.
8. ROBINSON, L. ş.a. *High cycle fatique properties of ADI Ni-Mo.* În: 1-st International Conference of ADI, 1984, A.S.M., p. 39—43.
9. MÜLHBERGER, H. ş.a. *Cast Iron with spheroidal graphite and austenitic — bainitic mixed structure.* În: U.S. Patent, nr. 4.541.878, din 16.12.1983.
10. JIMBO, Y şi SAYASHI, M. *Mettod of producing austempered spheroidal graphite Cast Iron body* — European Patent Application, nr. 0.144.907, aplic. 28.11.1984.
11. PARK, Y. ş.a. *Continuous cooling transformation and austempering behaviour of Cu—Mo ductile Irons.* În: AFS Transactions, vol. 92, 1984, p. 395—400.
12. DALL'O, A. ş.a. *Nodular Cast Irons: influence of a small amount of alloying element (Cu, Cr, Ni, Mo, Mn, Mn—Cu).* În: Traitement Thermique, Iunie-Iulie 1983, p. 39—42.
13. GUNDLACH, R. B. şi JANOWAK, J. F. *Austempered ductile Iron combines strenght with toughness and ductility.* În: Metal Progress, iulie 1985, p. 19—26.
14. VOIGHT, R. C. şi LOPER, C.R. *Austempered ductile Iron-process control and quality assurance.* În: Journal of Heat Treating, decembrie 1984, p. 291—309.
15. LEBEAU, C. *Bainitic heat treatments for continuously Cast nodular Iron.* În: Traitement Thermique, august-septembrie 1985, p. 9—13.
16. BECHET, S. şi RÖHRIG, K. *Izotermal treatment of bainitic nodular Cast Iron.* În: Traitement Thermique, august-septembrie 1985, p. 15—22.
17. SCHISSLER, J. M. şi SAVERNA, J. *Segregations effects on the formation of ADI: 1-st International Conference of ADI,* 1984, A.S.M., p. 71—882. În: Traitement Thermique, aug.-sept. 1985, p. 23—26.
18. CLARK, A. P. *An update on Permanent mold Casting.* 1-st International Conference of A.D.I., 1984, A.S.M., p. 213—225.
19. COMŞA, D. *Instalaţii electrotermice industriale.* Vol. 1. Bucureşti, Editura Tehnică, 1986.
20. DORAZIL, E. ş.a. *Influence of low and cryogenic temperatures on deformability and fracture behaviour of ADI under static and impact stresses.* În: Giesserei Praxis, nr. 8—9, 1985, p. 109—123.
21. SCHISSLER, I. M., BAK, C. *The heat treatment of nodular cast irons koncked aut hot.* În: Traitement Thermique, aug.-sept. 1985, p. 27—34.
22. BAK, C. ş.a. *Energy savings achieved by hot shakout and heat trıatment of Castings: Applications to SG Cast Iron.* În: International Seminar on Energy Conservation in Industry, vol. 3, Dusseldorf, 1984, p. 144—153.
23. JANOWAK, J. F. şi GUNDLACH, R. B. *Approaching austempered ductile Iron properties by controlling cooling in the foundry.* În: Journal of Heat-Treating, iunie 1985, p. 25—31.
24. MANNES, W. ş.a. *Testing of Bainitic nodular iron gears — experiences with unalloyed nodular grades.* În: Antriebstechnik, nr. 4, 1984, p. 49—55.
25. JOKIPII, K. *Kymenite ADI as a material for gears and other aplications.* În: 1-st International Conference of ADI, 1984, ASM, p. 135—148.
26. RÖHRIG, K. *Austempered nodular Cast Iron.* În: Giesserei-Rundschau, nr. 6, 1985, p. 13—18.
27. LINCOLN, I. A. *Austempered ductile iron: the material of the 80 s?* În: Heat Treating, decembrie 1984, p. 30—34.

Scanned with OKEN Scanner

28. CORSO, S. și TORINO, I. *Development of bainitic nodular Iron for the construction of speed gears for the car industry.* În: EEC Commision Report EUR 8369, 1983.
29. DONALDSON, E. G. *E review of selected Nodular Iron aplications.* În: Casting Enginnering and Foundry World — Spring 1982, p. 8—27.
30. WATMOUGH, T. și MALATESTA, R. J. *Strengthering of ductile iron for crank-saft applications.* În: AFS Transactions, vol. 82, 1984, p. 83—99.
31. MÜHLBERGER, H. *Mechanical properties and applications of austempered ductile Iron produced by the Mühlberger-process.* În: 1-st International Conference of ADI, 1984, A.S.M., p. 267—300.
32. RIPOȘAN, I., SOFRONI, L., DEMENI, Z., KOPUȘI, C., NICOLESCU, O. *Fonta cu grafit nodular bainitică — un material cu caracteristici deosebite.* A 10-a Conferință Națională de Turnătorie, mai 1987, Reșița.
33. MUNTEANU, A. *Tratamentul termic de călire izotermă al fontelor cu grafit nodular.* În: Metalurgia, nr. 1, 1986, p. 43—46; nr. 6, 1986, p. 296—303.
34. DUMITRESCU, C., IONIȚĂ, GH., BRANZEI, M., COPESKY, C., GAVRILĂ, L. *Roți dințate puternic solicitate în exploatare, turnate din fonte cu grafit modificat cu structură bainitică.* A 10-a Conferință Națională de Turnătorie, mai 1987, Reșița.

Scanned with OKEN Scanner

14

Recuperarea deşeurilor din teflon prin iradiere cu radiaţii ionizate

Ing. *Costache Burlacu*
Intreprinderea de Fire Artificiale VISCOFIL
Dr. ing. *Radu Cramariuc*
Dr. chim. *Silviu Jipa*
Şef laborator, cercetător la Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică

Introducere

Politetrafluoretilena (PTFE) este un polimer valoros datorită stabilităţii termice înalte, inerţiei chimice deosebite, proprietăţii de neaderenţă, rezistenţei la uzură, proprietăţilor electrice şi mecanice bune ş.a. Polimerul este fabricat sub diferite denumiri comerciale de o serie de firme din S.U.A. (Teflon, Emralon, Enflon, Halon), FRANŢA (Diaflon, Gaflon, Soreflon), ANGLIA (Fluon), R.F.G. (Hostaflon), ITALIA (Algoflon), JAPONIA (Polyflon) ş.a. El se livrează atît în stare pură cît şi ranforsat cu sticlă, grafit, bronz, bisulfură de molibden ş.a.

În afară de preţul ridicat (~15 $/kg) se remarcă şi faptul că acest polimer se prelucrează diferit faţă de ceilalţi polimeri termoplastici, prin aşchiere, rezultînd o cantitate însemnată de deşeuri (şpan şi capete).

Din capacitatea totală de prelucrare a diferitelor sortimente de teflon în ţara noastră în cadrul unor unităţi specializate (IFA VISCOFIL, C. C. VICTORIA şi FUPSIC FOCŞANI), deşeurile tehnologice reprezintă 35 . . . 40%.

Literatura de specialitate citează diferite procedee de recuperare a deşeurilor din teflon, avînd la bază metode termice [1, 2], criogeno-mecanice [3] sau radiochimice [3 . . . 14], ultimile fiind însă considerate ca cele mai economice, în special în cazul semifabricatelor sinterizate.

Prezenta lucrare a avut ca obiectiv testarea metodei de iradiere cu radiaţii ionizante la recuperarea şpanului de teflon sinterizat, fără aditivi.

Tehnica experimentală

Şpanul de teflon a fost iradiat în aer cu radiaţii gama de ^{137}Cs şi ^{60}Co, la doze cuprinse între 5 şi 55 MRad. Apoi materialul a fost degazat prin încălzire timp de 2,5 ore la 200°C într-o etuvă cu circulaţie de aer, după care a fost măcinat cu un dispozitiv prevăzut cu un cuţit mobil care se roteşte cu o turaţie de 18 000 rot/min.

Pulberea obţinută prin măcinare a fost caracterizată prin densitatea în vrac tasat, prin distribuţia granulometrică (cernere) şi prin temperatura de topire (analiză termogravimetrică). În paralel cu aceste determinări s-a urmărit pierderea de masă prin iradiere precum şi acumularea şi termostabilitatea peroxiradicalilor formaţi la iradiere (rezonanţă electronică de spin). În final s-au efectuat probe de presare şi sinterizare, utilizînd concentraţii de recuperat cuprinse în limitele 10 ... 50% în greutate. Produsul final a fost caracterizat prin densitate, duritate Shore D şi rezistivitate de volum.

Rezultate şi discuţii

Încercarea de măcinare a şpanului de teflon neiradiat a fost infructuoasă datorită durităţii acestui material. Prin iradiere în aer (5 MRad) materialul devine în mod surprinzător foarte friabil. Acest fapt poate fi explicat prin scindarea radioindusă a lanţului polimeric, proces care are loc cu participarea directă a oxigenului din aer. Structura tetrasubstituită a monomerului fluoroetilenic favorizează procesul de scindare a lanţului polimeric [15]. Pe de altă parte, produşii gazoşi de radioliză, care se formează în masa polimerului, creează presiuni interne şi determină apariţia de microfisuri, prin care are loc difuzia oxigenului din aer şi, astfel, apare friabilizarea materialului.

În fig. 14.1 se prezintă variaţia densităţii în vrac tasat, cu timpul de măcinare la 18 000 rot/min, a unei probe de şpan de teflon iradiat la doza

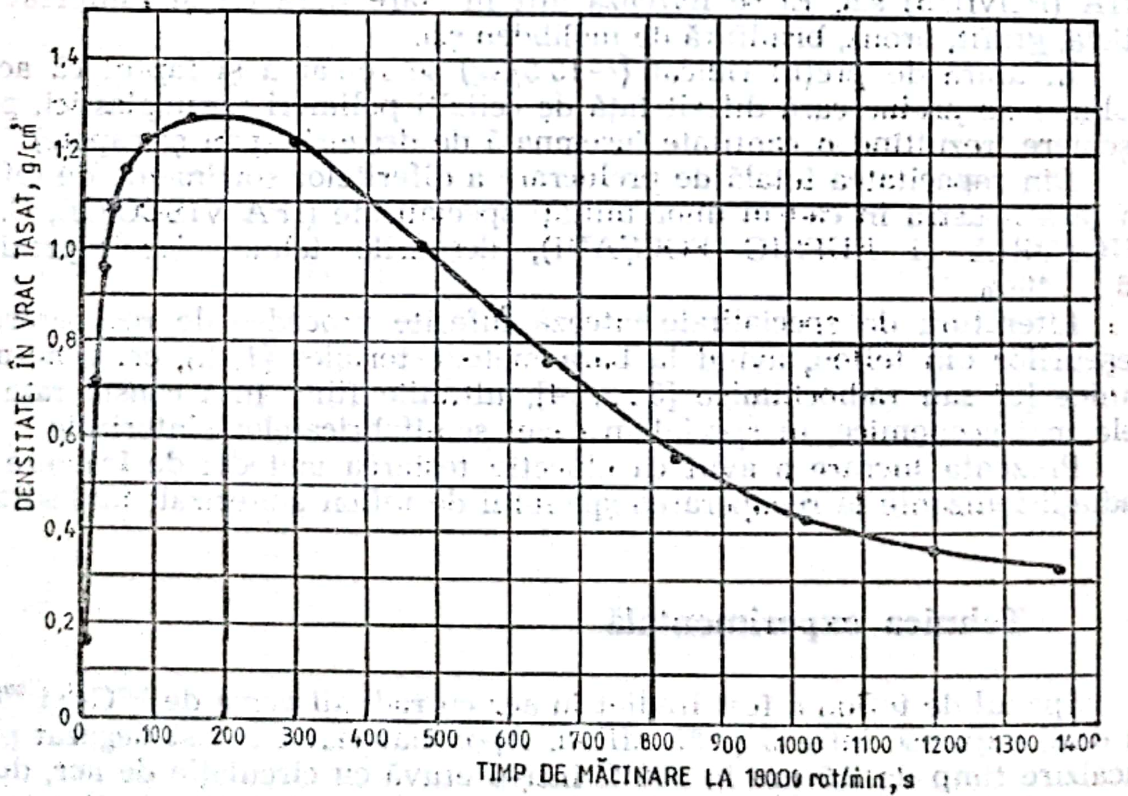


Fig. 14.1. Variaţia densităţii în vrac tasat cu timpul de măcinare la 18 000 rot/min a unei probe de şpan de teflon iradiat la doza de 5 MRad.

de 5 MRad. Densitatea în vrac crește cu timpul de măcinare, atingînd un maxim de ~1,3 g/cm³ la 2,5 minute de măcinare, după care scade drastic la continuarea măcinării. Această comportare poate fi explicată prin schimbarea formei geometrice a particulei în procesul de măcinare. Foarte probabil, la valoarea maximă a densității în vrac forma geometrică a particulei este sferică, iar la continuarea măcinării particula trece în formă cilindrică, în ciuda scăderii considerabile a dimensiunilor acesteia.

În fig. 14.2 se arată scăderea densității în vrac tasat după 3 minute de măcinare la 18 000 rot/min în funcție de doza de iradiere. Așa cum rezultă din această figură, friabilizarea materialului crește rapid cu doza de iradiere. La durate de măcinare mai mari de 3 minute influența dozei a fost mai puțin sesizabilă, datorită faptului că materialul este prea friabil în raport cu puterea dispozitivului de măcinare. Pentru dispozitivul ales, timpul de măcinare pentru realizarea unei densități în vrac optime (0,6 g/cm³) s-a găsit a fi de ~ 12 minute, independent de doza de iradiere aplicată. Totuși, probe iradiate la diferite doze și măcinate pînă la densitatea în vrac de 0,6 g/cm³ au forme diferite de particule. Astfel, la doze de 5 ... 25 MRad, forma particulei este sferică, iar tendința de aglomerare este mai puțin pronunțată. Aceste rezultate sînt în bună concordanță cu observațiile semnalate în literatură [7, 11].

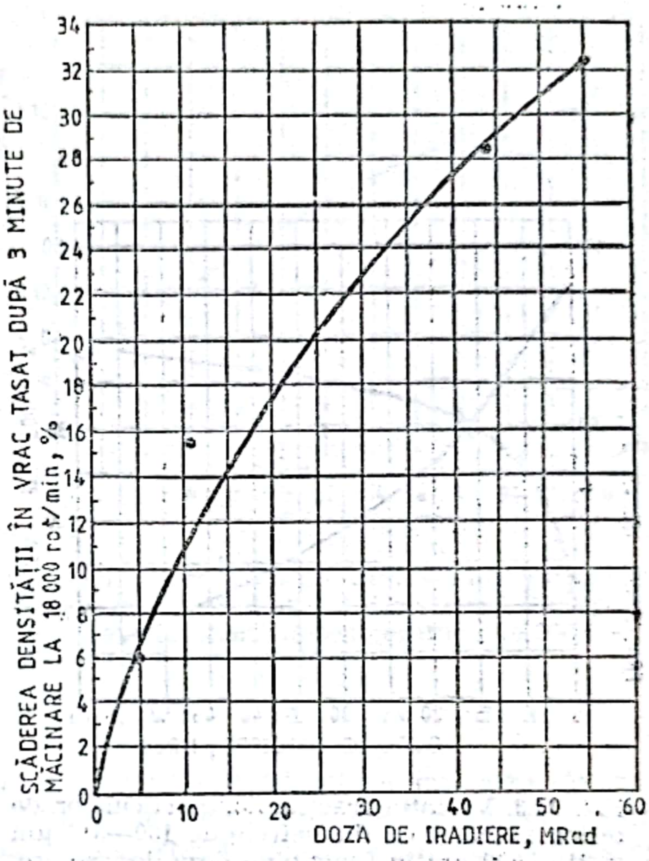


Fig. 14.2. Scăderea procentuală a densității în vrac tasat a deșeului de teflon după 3 min de măcinare la 18 000 rot/min în funcție de doza de iradiere.

La creșterea dozei de iradiere, pentru o durată fixă de măcinare de 3 minute, la această turație are loc o deplasare a fracțiunii majoritare din domeniul 315—500 μm în domeniul 160—315 μm, așa cum ilustrează graficul prezentat în fig. 14.3. Evident, în același sens scad și, respectiv, cresc fracțiunile minoritare limitrofe domeniului menționat.

Paralel cu friabilizarea materialului prin iradiere s-a constatat o pierdere de masă la încălzire, datorată eliminării gazelor formate în procesul de radioliză (CO, CO_2, COF_2 ș.a.). Pierderea de masă s-a găsit a fi dependentă de doza de iradiere (fig. 14.4), de temperatura de încălzire a materialului (fig. 14.5) și de durata tratamentului (fig. 14.6). Cantitatea de gaze degajate la iradierea materialului la doza de 1 MRad nu depășește valoa-

Scanned with OKEN Scanner

rea de 10 ml/kg [7], fiind ușor de îndepărtat din spațiul tehnologic de iradiere. Deși neelucidat încă, mecanismul de formare a produșilor gazoși de radioliză a teflonului pare să fie determinat de reacții de scindare a legăturilor C—C și mai puțin a legăturilor C—F [16].

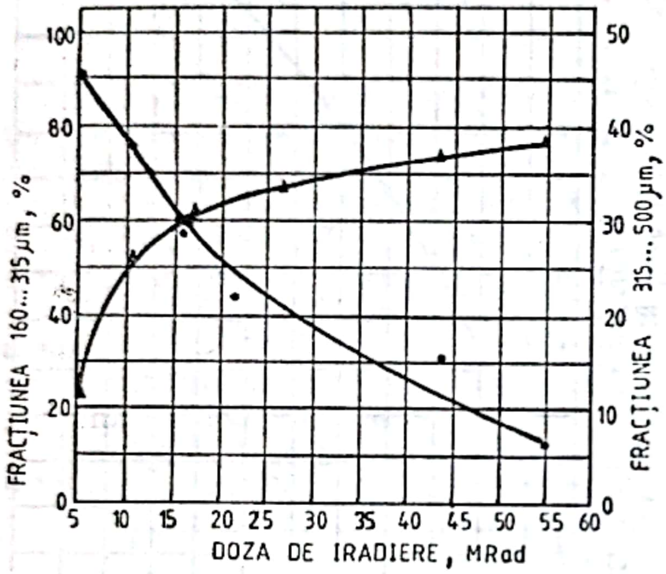


Fig. 14.3. Variația fracțiunilor particulelor de teflon măcinat cu diametrele de 160—315 μm și 315—500 μm în funcție de doza de iradiere.

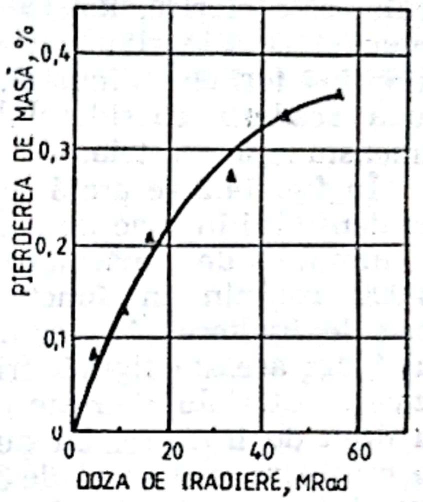
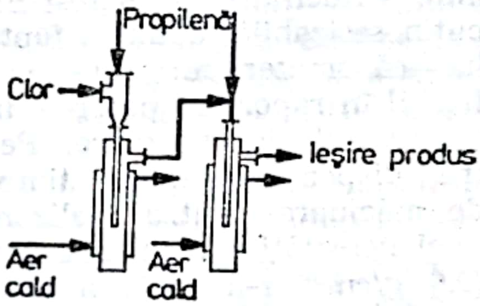


Fig. 14.4. Dependența pierderii de masă a șpanului de teflon de doza de iradiere după încălzire la 200°C timp de 1 oră.



Analiza termogravimetrică a recuperatului a arătat, pe de o parte, faptul că prin iradiere are loc o micșorare a temperaturii de topire ca urmare a scăderii masei moleculare, iar pe de altă parte, o creștere a cristalinității cu ~20% pentru proba iradiată la doza de 27 MRad. Temperatura de topire s-a modificat de la 328°C (polimer neiradiat) la 318°C (11 MRad) și, respectiv, 312°C (27 MRad). Rezultă cu claritate că această modificare a temperaturii de topire nu elimină recuperatul din categoria materialelor termorezistente valoroase.

Creșterea cristalinității, observată și de alți autori prin alte metode (spectroscopie de infraroșu, difracție de raze X ș.a.) [17—19] poate fi explicată prin micșorarea masei moleculare la iradiere, avîndu-se în vedere faptul că viteza de cristalizare este mai mare la mase moleculare mai mici (lanțuri scindate pot cristaliza rapid în regiunile amorfe ale polimerului).

Măsurătorile de rezonanță electronică de spin au evidențiat existența unui semnal de tip singlet datorat peroxiradicalilor de lanț, de tipul

Scanned with OKEN Scanner

—CF_2—CF—CF_2—, formați la iradierea materialului în prezența oxige-
       |
      O—O.

nului din aer. Acești radicali sînt implicați direct în mecanismul radiolizei teflonului [7, 20, 21].

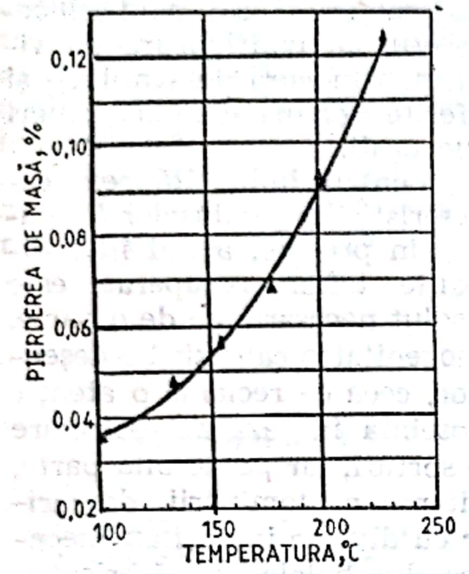


Fig. 14.5. Dependența pierderii de masă a șpanului de teflon iradiat la doza de 8 MRad de temperatura de încălzire (durata încălzirii: 2 ore).

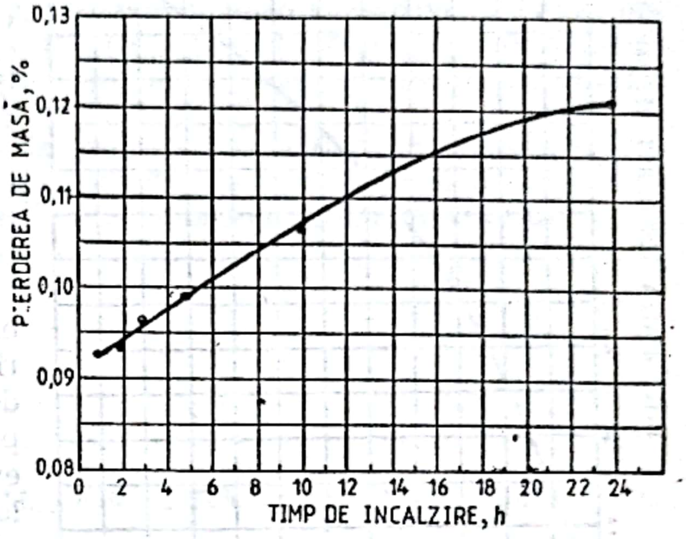


Fig. 14.6. Dependența pierderii de masă a șpanului de teflon iradiat la doza de 8 MRad de durata încălzirii la temperatura de 200°C.

În fig. 14.7 se prezintă acumularea peroxiradicalilor cu doza de iradiere, iar în fig. 14.8 se arată stabilitatea termică a acestor radicali. Din analiza acestor figuri rezultă, pe de o parte, formarea continuă a acestor specii în procesul iradierii, iar pe de altă parte, stabilitatea termică, relativ mare, a acestora la temperaturi ridicate. Astfel, timpul de înjumătățire al acestor radicali la temperatura de 160°C s-a găsit a fi de $\sim$5 minute. Cunoașterea acestor date are o importanță deosebită în elaborarea tehnologiei de recuperare, arătînd, pe de o parte, implicațiile efectuării operațiilor în regim discontinuu, iar pe de altă parte, influența încălzirii materialului în cazul iradierii acestuia cu electroni accelerați.

Probele de formare prin presare-sinterizare, utilizînd concentrații de recuperat de 10 ... 50% în greutate, au condus la piese cu aspect promițător, a căror duritate (Shore D) a variat între 50° și 55° Sh. D, ceea ce corespunde standardelor internaționale [22—24].

Densitatea produselor sinterizate obținute cu concentrațiile de recuperat menționate a variat între 2,04 și 2,15 g/cm^3.

Rezistivitatea de volum a probelor analizate s-a găsit a fi de 3×10^{14} $\Omega\cdot$cm, dar trebuie menționat faptul că recuperatul nu a provenit dintr-un șpan aparținînd unui sort de teflon de uz electrotehnic.

Prezenta lucrare fiind într-un stadiu incipient, se propune abordarea în continuare a unor aspecte importante cum sînt: curățirea deșeurilor înaintea iradierii, stabilirea parametrilor optimi de sinterizare, precum și

caracterizarea completă a produselor avînd la bază recuperatul obținut prin iradiere. Într-o etapă ulterioară se va încerca, de asemenea, aplicarea metodei iradierii și în cazul recuperării deșeurilor din teflon de extrudere, a teflonului cu diferiți ingredienți, precum și a altor fluoropolimeri ca: politrifluorcloretilena, polifluorura de vinil, polifluorura de viniliden și diferite sorturi de elastomeri fluorurați.

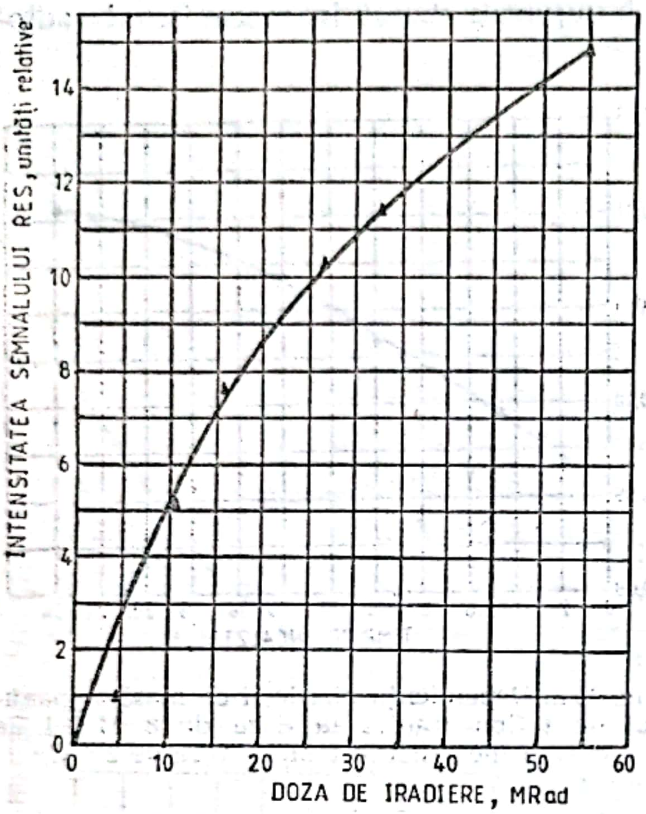


Fig. 14.7. Variația intensității semnalului de rezonanță electronică de spin al peroxiradicalilor din teflon în funcție de doza de iradiere.

Pentru îmbunătățirea caracteristicilor produselor formate prin presare, avînd în compoziție teflon recuperat, este absolut necesară, pe de o parte, omogenitatea calitativă a deșeurilor, ceea ce reclamă o atenție deosebită în faza de colectare pe sorturi, iar pe de altă parte, evitarea contaminării deșeurilor cu diverse impurități mecanice din halele de fabricație. Trebuie însă menționat faptul că prin reciclarea recuperatului, aplicînd o metodă de degradare controlată, este de așteptat ca unele din proprietățile acestuia să difere întrucîtva de

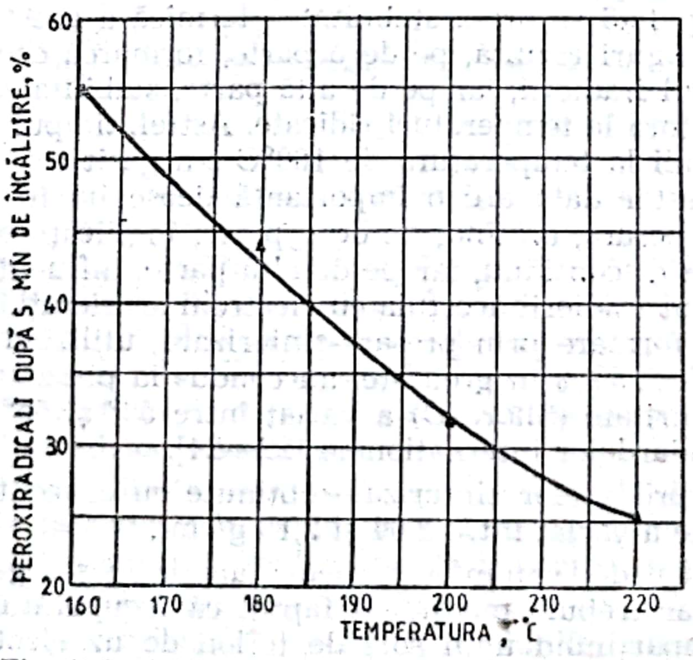


Fig. 14.8. Scăderea concentrației radicalilor peroxidici ai teflonului în funcție de temperatura de încălzire (doză de iradiere: 50 MRad; durata încălzirii: 5 min).

Scanned with OKEN Scanner

proprietățile materialului din care a provenit. Ca atare, este firesc ca materialul recirculat să fie utilizat la o categorie inferioară de solicitări fizico-mecanice, iar după un număr de reciclări să fie îndreptat către alte valorificări.

În afara reciclării la produsele formate prin presare și extrudare se are în vedere și alte utilizări ale recuperatului, cum ar fi: aglutinant pentru unsori speciale de lubrifiere, utilizate în medii corozive și la temperaturi mari (250°C), aditiv de lubrifiere pentru diferite materiale plastice (polistiren ș.a.), la teflonarea unor piese metalice, la filtrări în diferite industrii ș.a.

Reconsiderarea opticii față de produsele secundare în sensul reintroducerii lor în circuitul productiv este deci o necesitate și o modalitate rațională de a privi atît realitățile etapei prezente, dar și viitorul.

BIBLIOGRAFIE

1. TEODORESCU, I. E. și FITI, M. *Iradierea Tehnologică*. București, Ed. Academiei R.S.R., 1979, p. 194.
2. Brevet S.U.A. nr. 3.432.511, 19 Aprilie 1966 (Cl. C 08 f 3/24).
3. Brevet S.U.A. nr. 3.766.031, 16 Octombrie 1973 (Cl. C 08 f 1/16).
4. Brevet R.F.G. nr. 2.201.114, 22 Martie 1973.
5. Brevet Japonia nr. 7308475, Martie 1973 (Ch. Abstr. 80: 37782j).
6. Brevet R.D.G. nr. 112.589, 20 Aprilie 1975 [Cl. C 08 f; C 07 c).
7. KAGIYA, V. T. și HAGIWARA, M. *Radiation recycling process of waste polytetrafluorethylene scrap*. În: Proceedings of a Symp. Radiation for a clean environment. Munich 17—21 March 1975, IAEA-SM-194/704, 1975.
8. Brevet R.D.G. nr. 116.626, 5 Decembrie 1976 (Cl. Co8F).
9. Brevet R.D.G. nr. 133.790, 24 Ianuarie 1979 (Cl. Co7C19/08).
10. Brevet R.D.G. nr. 140.875, 2 Aprilie 1980 (Cl. Co7C19/08).
11. Brevet S.U.A. nr. 4.220.511, 2 Septembrie 1980 (Cl. Co8F2/46).
12. Brevet R.D.G. nr. 143.248, 13 August 1980 (Cl. Co7 C21/18).
13. Brevet R.D.G. nr. 160.521, 17 August 1983 (Cl. Co8F 8/50).
14. CHAPIRO, A. *A worldwide view of radiation processing*. În: Radiat. Phys. Chem. vol. 22, 1983, p. 7.
15. CAMPBELL, F. J. *Radiation damage in organic materials*. În: Radiat. Phys. Chem. vol. 18, 1981, p. 109.
16. FITI, M. *Dozimetria chimică a radiațiilor ionizante*. București, Ed. Academiei R.S.R., 1973, p. 183.
17. DOLE, M. *The radiation chemistry of macromolecules*. New York, London, Academic Press, 1973, vol. 2, p. 167.
18. CHAPIRO, A. *Radiation chemistry of polymeric systems*. Interscience Publishers, John. Wiley and Sons, New York, London, 1962, p. 526.
19. FINKEL, E. E. ș.a. *Radiaționaia himia i kabelnaia tehnika*. Moskva, Atomizdat, 1968, p. 173, 207.
20. ABE, H. ș.a. *ESR studies on the yield of peroxy radicals in PTFE irradiated by deuterons*. În: J. Phys. Soc. Japan, vol. 35, 1973, p. 1366.
21. OLIVIER, D. ș.a. *EPR study of the reactivity of peroxy radicals trapped in PTFE*. În: J. Chem. Phys. vol. 72, 1980, p. 3348.
22. LUPUȚIU, I. și DUȚU, N. *Politetrafluoretilena și folosirea ei în industrie. Seria polimeri*. București, Ed. Tehnică, 1977, p. 54.
23. * * * *Fluorocarbon polymers of Daikin industries*. Catalogul firmei Daikin Ind. Ltd. — Japonia, martie 1984.
24. * * * *Fluon polytetrafluoroethylene. Typical properties of mouldet Fluon PTFE*. Catalogul firmei ICI, Anglia, 14/1271.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

V

TEHNOLOGII INDUSTRIALE DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ

15
Rectificarea pieselor din bazalt

Ioan D. Marinescu
Institutul Politehnic București

Bazaltul turnat și sinterizat este un nou material utilizat din ce în ce mai mult în industria construcțiilor de mașini.

În lucrare este studiat procesul de rectificare a bazaltului cu ajutorul discurilor cu diamant. Sînt prezentate experimentări cu acest material în cazul rectificării plane și sînt studiați principalii parametri ai regimului de așchiere.

În această ordine de idei a fost stabilită expresia rugozității funcție de grosimea de așchie echivalentă (h_{eq}) utilizată ca variabilă independentă.

În scopul clarificării unor aspecte ale rectificării bazaltului cu discuri cu diamant au fost efectuate investigații cu ajutorul metodelor fizice, ca de exemplu microscopia electronică.

Ca rezultat sînt prezentate piese obținute din bazalt care au înlocuit piesele metalice, obținîndu-se deosebite economii de materiale deficitare simultan cu îmbunătățirea calităților tehnico-funcționale ale acestor repere.

Aceasta reprezintă un prim pas spre o nouă imagine în industria modernă națională și internațională.

Bazaltul este o rocă vulcanică efuzivă, foarte răspîndită, din punct de vedere geologic avînd aceeași importanță ca și granitul. Această rocă este de culoare cenușiu închis sau neagră constituită din placioclazi bazici și din minerale feromagneziene (augite, olivină etc.). Unele varietăți de bazalt conțin sticlă vulcanică. Circa 95% din totalitatea rocilor vulcanice au compoziție bazaltică.

Bazaltul este o rocă foarte compactă cu un fond cristalin fin, în masa căreia uneori apar cristale vizibile cu ochiul liber. Cristalele bazaltului natural au forma unor prisme verticale cu secțiune poligonală regulată, cel mai des hexagonală. Bazaltul are o duritate foarte mare (8,5 pe scara Mohs) și o bună comportare la solicitările de compresiune.

Bazaltul topit. Cu cîțiva ani în urmă la Întreprinderea de lianți Brașov a fost pusă la punct tehnologia topirii — recristalizării și sinterizării bazaltului. S-a realizat astfel o structură omogenă a masei de bazalt, se evită clivajul blocurilor masive, obținerea prin turnare a dimensiunilor piesei apropiate celor prescrise și realizarea unor bune calități a suprafețelor pieselor finite.

Produsele din bazalt topit și recristalizat se obțin prin topirea rocii de bazalt natural. Prin această tehnologie bazaltul își îmbunătățește princi-

Scanned with OKEN Scanner

palele caracteristici chimice, fizice și mecanice, printre care: rezistența chimică față de acidul sulfuric, clorhidric și alți acizi tari, față de soluțiile de hidroxid de sodiu, de calciu și alte baze tari.

Topirea și recristalizarea păstrează calitățile bazaltului natural și îmbunătățesc unele proprietăți deficitare, cum ar fi: rezistența la uzură, la solicitările de compresiune, stabilitatea termică etc. (tabelul 15.1).

Tabelul 15.1

Caracteristici tehnice ale bazaltului topit recristalizat.

Mărime	Simbol	Valoare	Unitate de măsură
Culoare	—	cenușie neagră	—
Densitate	ρ	2,9	g/cm^3
Rezistență chimică la H_2SO_4, 30%	$R_{H_2SO_4}$	min 99,3	%
Rezistență chimică la NaOH	R_{NaOH}	min 95,5	%
Duritate (scara Mohs)	H_M	8—8,5	—
Rezistență la uzură (după Böhme)	I_U	max 0,5	g/cm^2
Rezistență la compresiune	σ_c	200	N/mm^2
Rezistență la încovoiere	σ_i	15	N/mm^2
Temperatura de utilizare	T	max 400	°C
Conductivitate termică	λ	5,022	kJ/mh°C
Capacitate calorică masică	c	1,046	kJ/kg°C
Coeficient de dilatare termică liniară	α	$8 \cdot 10^{-6}$	mm/°C

Bazaltul sinterizat. Produsele din bazalt obținute prin metoda turnării sînt în general cu dimensiuni mari, de forme geometrice mai simple și cu abateri dimensionale $d_e \pm 3$ mm.

Pentru obținerea de piese mici și mijlocii de configurație complexă, cu abateri dimensionale strînse de $\pm 0,1$ mm și o rugozitate cuprinsă între 3,2 ... 3,8 μm se folosește metoda sinterizării pulberilor de bazalt. Bazaltul sinterizat prezintă calități superioare bazaltului turnat (tabelul 15.2).

Tabelul 15.2

Caracteristici tehnice ale bazaltului sintetizat

Mărime	Simbol	Valoare	Unitate de măsură
Culoare	—	maro-roșcat	—
Densitate	ρ	$2,75 \pm 0,05$	g/cm^3
Duritate (scara Mohs)	H_M	7,5 ... 8	—
Rezistență la uzură (după Böhme)	I_U	0,2 ... 0,3	g/cm
Rezistență la compresiune	σ_c	170	N/mm^2
Rezistență chimică la H_2SO_4	$R_{H_2SO_4}$	96 ... 99,3	%

Unele din resursele materiale pe care se bazează producția construcției de mașini ar putea să se epuizeze într-un timp relativ scurt. În acest răstimp, cercetările ar trebui concentrate asupra punerii în valoare de noi resurse, realizării unor noi materiale înlocuitoare cu mare eficiență economică, precum și stabilirii tehnologiilor de realizare a acestora.

Ținîndu-se seamă de pierderile mari care se produc datorită coroziunii și uzurii abrazive se caută înlocuitori de metale care să fie superiori acestora. În această categorie intră și bazaltul (v. tabelul 15.3).

Tabelul 15.3

Caracteristici tehnice comparative ale bazaltului

Caracteristici	Unitate de măsură	Bazalt topit	Bazalt sinterizat	Fontă
Densitate	kg/dm^3	2,9	2,75	7,8
Duritate (scara Mohs)	Mohs	8—8,5	7,5—8	2,6
Rezistența la compresiune	daN/cm^2	3 000	6 000	7 000
Rezistență la încovoiere	daN/cm^2	150	1 800	2 500
Rezistență la tracțiune	daN/cm^2	120	1 000	2 500
Coeficient de dilatare termică	mm/°C	$8 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$
Conductibilitate termică	kcal/kg°C	12	12	46,5
Temperatură maximă de utilizare	°C	400	650	400

Din analiza valorilor prezentate se constată cu ușurință că bazaltul are o duritate de aproape 3 ori mai mică, decît fonta, are duritate net superioară iar dilatația sa termică este de numai circa 65% din cea a fontei. De asemenea reiese superioritatea pieselor din bazalt sinterizat față de cele din bazalt topit — recristalizat. Aceste piese sinterizate de cele mai multe ori necesită prelucrări ulterioare de finisare și superfinisare, prelucrări dintre care cea mai des utilizată este rectificarea.

Relații de calcul. Relațiile de calcul ale principalilor parametri ai procesului de rectificare sînt prezentați în continuare, notațiile parametrilor mecanici și geometrici fiind cei din fig. 15.1:

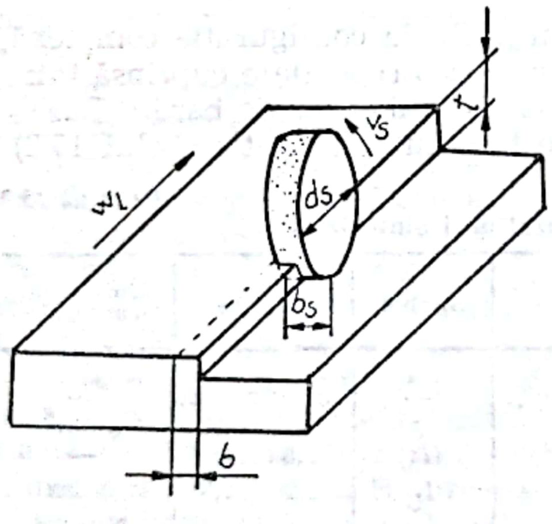


Fig. 15.1

— uzura discului de rectificat $v_s = \pi \cdot d_s \cdot b_s \cdot \Delta rs$

— raportul de rectificare $G = V_w/V_s$,

— grosimea de așchiere echivalentă $h_{eq} = Z'_m/V_s$

— energia specifică de rectificare $E_{sp} = W/V_w$

— durabilitatea discului de rectificat $T = V_a \cdot G/(3\,600 \cdot Z_w \cdot b)$.

Condiții experimentale. Mașina unealtă: Mașină de rectificat plan ELB tip RUBIN 026 VA II

Scula: Disc diamantat cu liant metalic 250—10—3, M, D 76; C 75

Piesa: Bazalt (suprafața de rectificare=$192\ cm^2$)

Parametri mecanici: $v_s = 25$ m/s; $v_w = 16$ m/min; $b = 6$ mm.

Aspecte tehnologice. În fig. 15.2 este prezentată variația principalilor parametri tehnologici funcție de grosimea echivalentă de așchiere. Creșterea ratei de material prelucrat are ca efect micșorarea raportului de rectificare și a durabilității discului concomitent cu deteriorarea supra-

Scanned with OKEN Scanner

feței prelucrate. Curbele au în general un aspect liniar, în special pentru $h_{eq} \leqslant 0{,}077$.

Prin analogie cu metoda prezentată în [5] este posibil să determinăm relațiile politropice ale principalilor parametri tehnologici funcție de grosimea echivalentă de așchie, care au în general forma:

$$G = G_1 h_{eq}^{g};\ E_{sp} = F h_{eq}^{1-f};\ R_a = R_1 h_{eq}^{r};\ T = T_1 h_{eq}^{t}.$$

În condițiile specifice de experimentare și folosind metoda corelației multiple pentru $h_{eq} \leqslant 0{,}077$ a fost obținută relația:

$$R_a = 11{,}36 \cdot h_{eq}^{0{,}83}$$

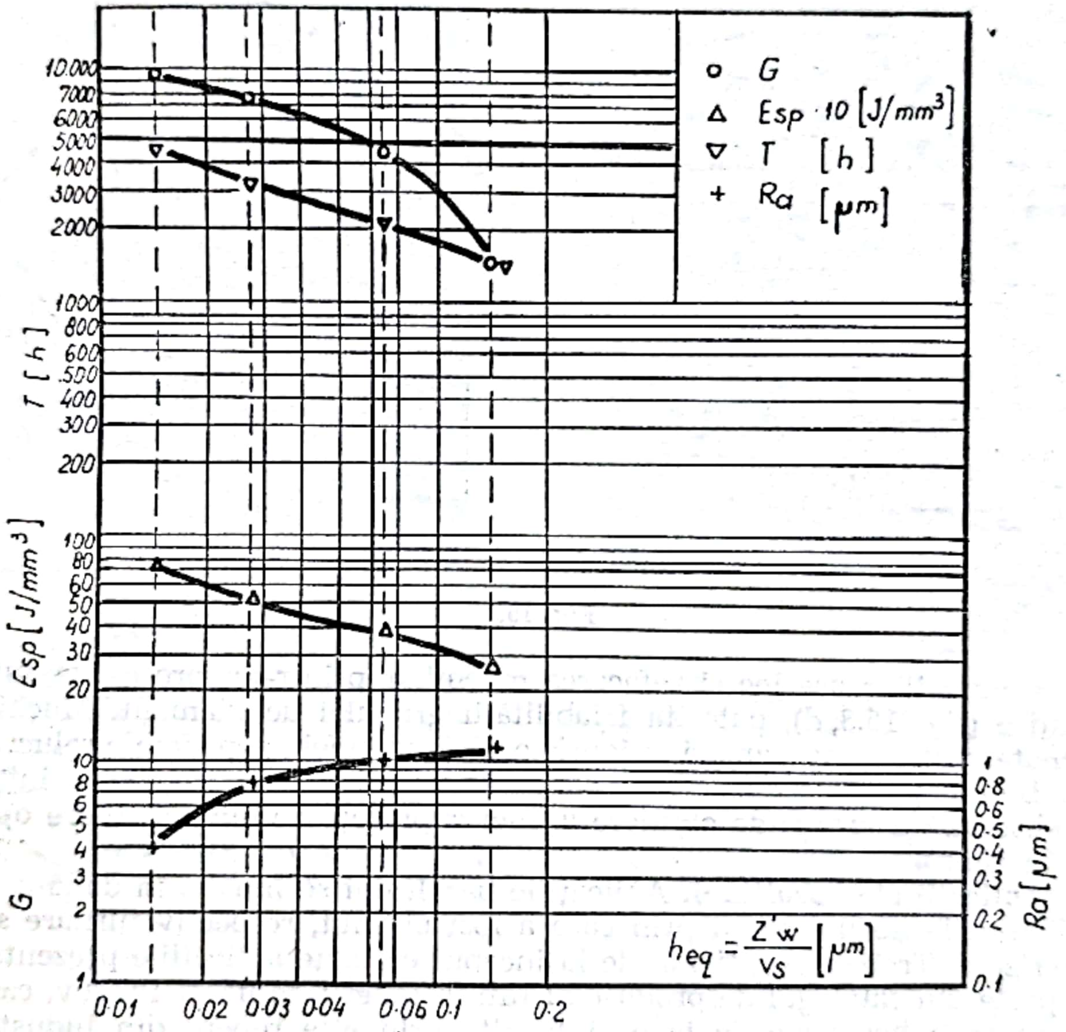


Fig. 15.2

Tipurile de uzură ale diamantului. Prin analiza stratului activ diamantul se observă că principalul tip de uzură este cel de abraziune atît în ceea ce privește granula de diamant cît și liantul metalic sinterizat. Acest lucru asigură o bună dezvelire a granulelor de diamant pe suprafața stratului activ. (fig. 15.3, *a* și *b*).

Datorită uzurii de abraziune, viteza de uzare a liantului metalic este puţin mai mare decît cea a granulelor de diamant. Acest lucru se datorește uzurii de abraziune, a cărei intensitate este invers proporţională cu duritatea corpului uzat.

Datorită abraziunii are loc aplatizarea vîrfurilor şi muchiilor tăietoare ale granulei de diamant (fig. 15.3, *c*). În paralel cu procesul de to-

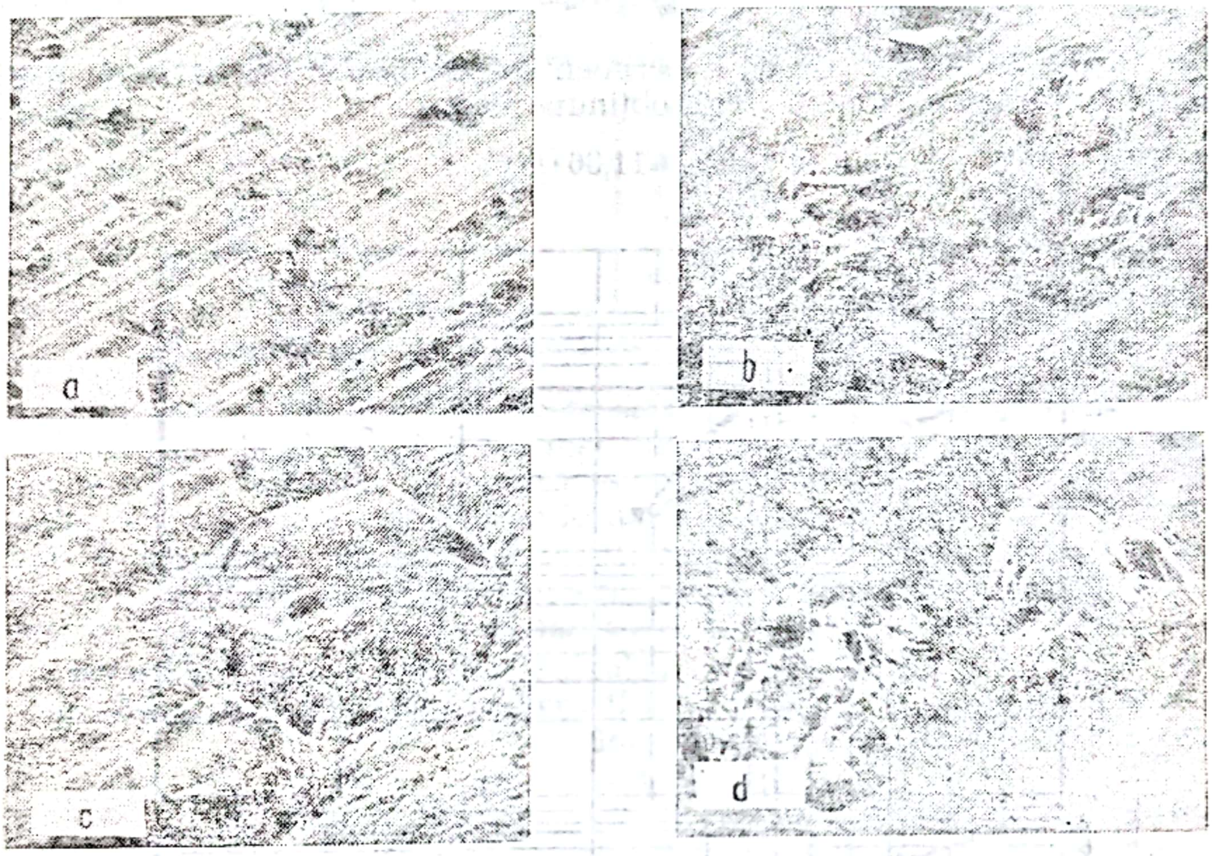


Fig. 15.3

cire a muchiilor are loc şi refacerea muchiilor printr-un proces de autoascuţire (fig. 15.3, *d*), datorită friabilităţii granulei de diamant. Muchiile formate prin microspargeri asigură obţinerea unei suprafeţe prelucrate mai bune în raport cu suprafeţele obţinute cu discul diamantat iniţial (se observă un proces de obţinere a unei suprafeţe de microaşchiere optimă în timp).

Aplicaţii ale bazaltului. Aplicaţiile bazaltului se împart în două categorii funcţie de procedeul prin care a fost obţinut, respectiv turnare sau sinterizare. Trebuie menţionat de la început că toate aplicaţiile prezentate fac parte din catalogul de produse al Întreprinderii de lianţi Braşov, catalog ce se îmbogăţeşte de la o zi la alta prin alte repere din industria construcţiilor de maşini în care metalul a fost substituit cu bazalt.

Piesele turnate sînt caracterizate printr-o slabă precizie dimensională şi, deci, utilizarea lor este conformă cu această caracteristică. Printre aceste aplicaţii enumerăm: piese subţiri pentru placarea cicloanelor şi hidrocicloanelor, profiluri din bazalt pentru placarea canalelor de evacuare a cenuşii la centralele electrice pe cărbune, plăci speciale anticorozive şi antiabrazive şi în sfîrşit una din cele mai importante aplicaţii:

curbele bazaltate și ramificațiile bazaltate care se pot utiliza la transportul materialelor abrazive, al soluțiilor acide sau alcaline (fig. 15.4).

Al doilea tip de utilizări este reprezentat de piesele din bazalt sinterizat. Acestea sînt caracterizate printr-o precizie dimensională mult mai bună decît cele turnate (așa cum s-a arătat anterior) și în același timp o mai bună calitate a suprafețelor. Aceasta face ca aceste aplicații să fie

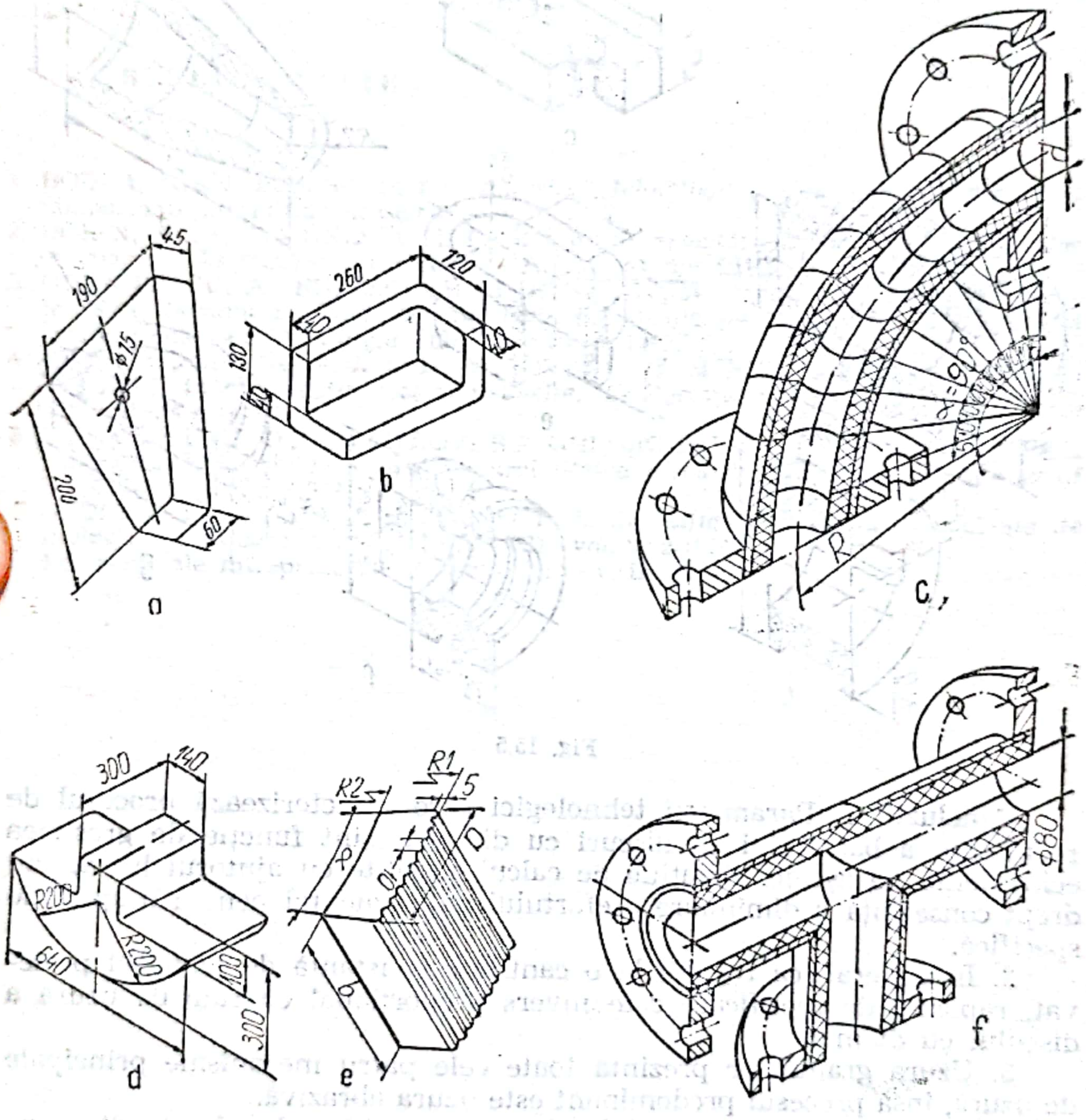


Fig. 15.4

mult mai diverse și mai răspîndite. Dintre cele mai elocvente menționăm: conuri de tragere, corp pompă, robinet cu ventil sferic, corpuri izolatoare, duze, inele de etanșare, bucșe, role de ghidare (fig. 15.5).

Desigur, odată cu elucidarea condițiilor și parametrilor de prelucrare a pieselor din bazalt, atît la turnat cît și sinterizat, numărul aplicațiilor acestui material va crește spectaculos. La baza acestei afirmații stă faptul

Scanned with OKEN Scanner

că materia primă din care se obţin aceste piese, bazaltul natural, este foarte răspîndită şi foarte ieftină. Preţul de cost al produselor obţinute din bazalt este de cîteva ori mai mic decît al produselor similare obţinute din materialele metalice.

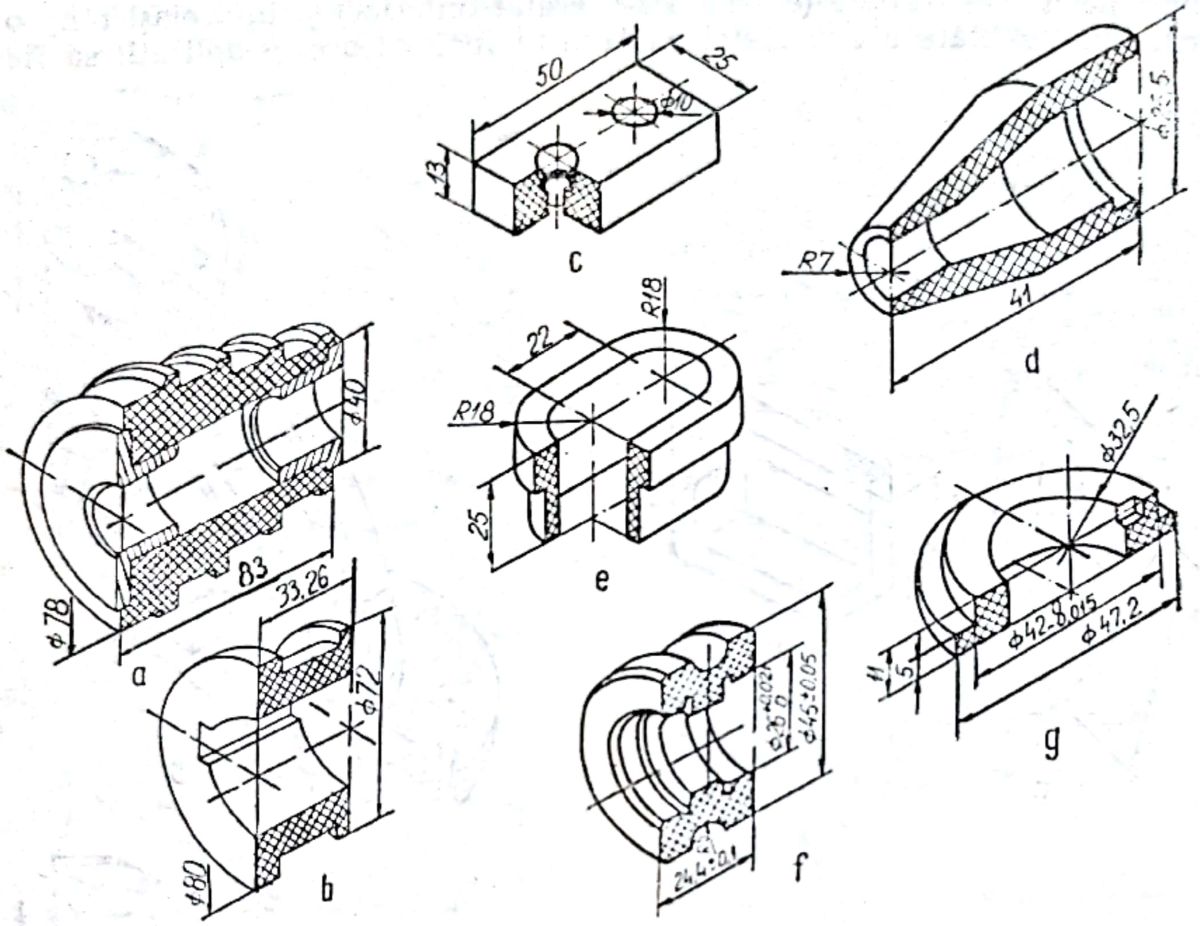


Fig. 15.5

Concluzii. 1. Parametrii tehnologici care caracterizează procesul de rectificare a bazaltului cu discuri cu diamant sînt funcţie de grosimea echivalentă de aşchie. Relaţiile de calcul stabilite cu ajutorul lui h_{eq} au drept consecinţă o diminuare a efortului experimental pentru o aplicaţie specifică.

2. În general, ca regulă, la o cantitate constantă de material prelevat, raportul de rectificare este invers proporţional cu rata de uzură a discului cu diamant.

3. Uzura granulelor prezintă toate cele patru mecanisme principale de uzură, însă procesul predominant este uzura abrazivă.

4. Bazaltul este un material relativ nou utilizat la piesele din construcţia de maşini şi în general în industrie. Cercetările privind prelucrarea bazaltului sînt la început, dar avem siguranţa că în viitor bazaltul va deveni un bun material pentru industrie. Aplicaţiile prezentate vin să susţină această prognoză importantă pentru industria românească.

Acknowledgement. Autorul doreşte să mulţumească, pe această cale, Întreprinderii de Lianţi Braşov, tovarăşului chimist Ioan Bodea, pentru punerea la dispoziţie a epruvetelor experimentale şi pentru discuţiile şi

Scanned with OKEN Scanner

sfaturile primite pentru redactarea lucrării. De asemenea, aduc mulțumirile mele colectivului de scule diamantate de la I.C.S.I.T. — M.F.S., colectiv cu care colaborez de aproape 10 ani, pentru ajutorul dat în efectuarea experimentărilor și prețioasele indicații referitoare la scula utilizată.

BIBLIOGRAFIE

1. BODEA, IOAN. *Bazaltul topit și sinterizat, tehnologii și domenii de utilizare* — Simpozionul „Bazaltul“ Brașov 1986.
2. DORIN, AL. și MARINESCU, I. D. *Stabilirea capacității de așchiere a discurilor cu diamant la rectificarea plană.* — Annals of the CIRP, vol. 30/1/1981.
3. GRIGORESCU, A., BUZESCU, R. și DIMITROV, B. *Aspecte ale optimizării sculelor cu diamant cu lianți obținuți prin tehnologia pulberilor.* A 6-a Conferință Internațională de Metalurgia Pulberilor Brno, 1982.
4. ISPAS, C., MARINESCU, I. D., POPOVICIU, G. și NEDELCU, C. *Aplicații ale Bazaltului în construcția mașinilor-unelte.* Conferința de mașini-unelte ICSIT, Titan București '86.
5. MARINESCU, I. D., DIMITROV, B., GHEORGHIU, Z. și GRIGORESCU, AL. *Cîteva aspecte privind uzura și durabilitatea discurilor cu diamant.* Annals of the CIRP. Vol. 32/1/1983.
6. SNOEYS, R., PETERS, J. și DECNECT, A. *Semnificația grosimii echivalente de așchie la rectificare.* Annals of the CIRP, vol. 28/2/1974.
7. Prospecte ale Întreprinderii de Lianți Brașov, Brașov 1986.

16
Căile electrotehnologiei*

I. I. Novikov
Membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S.

Aproximativ o treime din întregul combustibil extras din măruntaiele Pămîntului se folosește pentru nevoile metalurgiei extractive și prelucrătoare. Dar consumurile energetice pentru prelucrarea metalelor pot fi reduse substanțial. În acest domeniu, calea este deschisă, printre altele, de cercetările efectuate în laboratorul membrului corespondent al Academiei de științe U.R.S.S. — I. I. Novikov, de la Institutul de Metalurgie al Academiei de științe U.R.S.S. I. I. Novikov a relatat despre noua electrotehnologie în convorbirea cu corespondentul revistei — E. Goltman.

Corespondentul: — Pentru stăpînirea spațiului cosmic, dezvoltarea radioelectronicii, creearea generației următoare de calculatoare sînt necesare aparate, dispozitive, piese, executarea cărora este imposibilă fără utilizarea materialelor metalice noi, posedînd proprietăți prescrise. În unele cazuri materialele trebuie să fie refractare, în altele, dimpotrivă, să reziste la temperaturi foarte scăzute. Constructorii tehnicii noi doresc să dispună de materiale rezistente, fiabile, durabile, iar uneori cu o conductivitate electrică sau termică ridicată. Cu alte cuvinte, cerințele sînt multiple. Uneori ele sînt contradictorii și nu totdeauna pot fi satisfăcute integral. Este clar că mărind rezistența mecanică a aliajului, prin aceasta îngreunăm posibilitățile de prelucrare a acestuia. Oare se pot găsi tehnologii noi care să favorizeze realizarea unor asemenea materiale?

I. Novikov: — Astăzi se revizuiesc intensiv metodele de prelucrare a metalelor. Ele ne-au rămas moștenire de la generațiile anterioare din timpuri imemorabile și s-au modificat puțin în decursul secolelor. Și astăzi, pentru a imprima semifabricatului forma necesară, el trebuie încălzit pînă la temperaturi ridicate.

Corespondentul: — Dar o alternativă pentru acest procedeu de prelucrare nu există încă?

I. Novikov: — Desigur, nu ne putem dispensa de încălzirea metalului. Ea este necesară și la forjare și la laminare, trefilare, matrițare. Dar, în acest caz, energia se cheltuiește cu mare risipă.

Judecați singur. Scopul încălzirii este mărirea plasticității. Dar, se prelucrează de obicei doar o mică parte a semifabricatului, însă de în-

* Relatare cuprinzătoare a materialului apărut în revista „Znanie-Sila", U.R.S.S., nr. 11, 1986, p. 15—16 (traducerea a fost făcută de Oleg Crămărescu).

călzit se încălzeşte întregul semifabricat şi nu o singură dată, ci de mai multe ori, uneori pînă la sute de ori. Deci, partea principală a energiei cheltuite se aruncă, în întreaga accepţiune a cuvîntului, în vînt. Apar şi probleme ecologice. Ele sînt legate de „poluarea" termică a mediului ambiant.

Dar aceasta nu este totul. Împreună cu energia noi pierdem o cantitate enormă de metal costisitor şi deficitar. Cu cît este mai ridicată temperatura metalului prelucrat, cu cît el se află mai mult timp în aer, cu atît se formează mai multă scorie. Este necesar să se creeze cele mai complicate procedee de protecţie a metalelor împotriva oxidării, saturării cu oxigen, azot, hidrogen. Şi totuşi nu se reuşeşte să se evite deşeurile. La forjarea molibdenului, datorită oxidării, se pierd 12—15% metal, la prelucrarea niobiului şi tantalului pierderile sînt de 10—30%.

În afară de aceasta, numeroasele încălziri înrăutăţesc serios proprietăţile fizico-chimice ale metalelor. În componenţa multor aliaje intră componenţi uşor volatili. Ei se degajă adesea prin încălzire, iar împreună cu ei se pierd şi toate calităţile aliajului.

În aparatele moderne de precizie sînt destule elemente elastice şi diferite arcuri, executate din benzi subţiri de mare rezistenţă. Asemenea benzi se execută astăzi prin strivirea sîrmei obţinute din metalele şi aliajele de cea mai mare rezistenţă, de exemplu din aliajul tip wolfram-reniu. Pînă în prezent se considera că laminarea şi turtirea sîrmei în microbandă sînt imposibile fără încălzire pînă la temperaturi înalte. Nenorocirea constă însă în aceea că în acest caz se înrăutăţeşte calitatea semifabricatului. El devine mai puţin rezistent.

În general, dificultatea prelucrării wolframului şi aliajelor lui ridică în faţa oamenilor de ştiinţă destule probleme extrem de complicate. Wolframul, ca cel mai greu fuzibil şi refractar metal dintre toate cele cunoscute, se foloseşte în diferite dispozitive şi aparate electrice cu vid. El s-ar putea utiliza mult mai larg, dacă nu ar fi fragilitatea lui. Acum se reuşeşte să se prelucreze wolframul încălzindu-l doar pînă la temperaturi de ordinul a 1 000—1 500°C, în atmosferă inertă sau în vid. Desigur, acest lucru este însoţit de înrăutăţirea calităţii produselor.

Noile căi în elaborarea tehnologiilor sînt găsite adesea prin regîndirea metodelor vechi, obişnuite. Se dovedeşte că prin încălzire se poate forma conturul piesei şi cheltui prin aceasta mult mai puţină energie.

Corespondentul: — Ce aveţi în vedere?

I. Novikov: — Toate problemele care apar sînt legate între ele şi au aceleaşi rădăcini. Se pot revizui metodele vechi şi pe baza lor creea metode noi. Evident, este necesară o tehnologie mai perfecţionată. K. Klimov şi alţi colaboratori din laboratorul nostru au elaborat un procedeu principial nou de laminare. Esenţa lui constă în următoarele. Semifabricatul se încălzeşte cu ajutorul curentului electric de densitate mare numai pe porţiunea ce se prelucrează şi, deci, pierderile de energie se reduc la minim. Tratamentul termic nu se efectuează la noi de zeci de ori, ci o dată sau de cîteva ori şi aceasta micşorează de asemenea pierderile de energie. S-a dovedit că în cazul tehnologiei noi nu sînt necesare temperaturi de încălzire ridicate; metalul devine plastic deja la 200—300°C, iar

la asemenea temperaturi nu se formează scorie vizibilă și de aceea se reușește să se evite pierderi considerabile de metal.

Particularitatea noului procedeu de prelucrare mai este legată și de faptul că energia electrică se distribuie neuniform în semifabricat. Concentrația energiei (mai exact, densitatea fluxului de energie) este maximă pe microproeminențele suprafeței. Metalul devine aici maleabil, se netezește, suprafața se uniformizează și forțele de frecare se micșorează. Curentul electric apare în rolul unui fel de unsoare, eficacitatea acțiunii căreia este ușor de reglat. Evident că reducerea forțelor de frecare duce de asemenea la economisirea energiei.

Corespondentul: — Procedeele tradiționale de prelucrare a metalelor înrăutățesc adesea proprietățile lor. Dar noile electrotehnologii?

I. Novikov: — Aici se observă un tablou extrem de interesant. Deformația plastică este legată de modificări ireversibile ale formei semifabricatului. Sub acțiunea forțelor mecanice apar inevitabil numeroase defecte de tot felul, de exemplu, microfisuri și diferite deformații ale structurii cristaline. Microfisurile devin un obstacol pentru trecerea curentului electric. Curentul le „ocolește“, dar densitatea lui se modifică prin aceasta. Ea crește substanțial la vîrfurile microfisurilor. Datorită acestui fapt aici se mărește temperatura, metalul se înmoaie și încetează creșterea fisurii. Ca rezultat, procesele de distrugere, care însoțesc obligatoriu orice deformație plastică, sînt slăbite și metalul prelucrat se dovedește mai robust decît semifabricatul inițial. Fotografiile, obținute cu ajutorul microscopului electronic, arată o îmbunătățire vizibilă a structurii metalului.

Eu am spus deja că microieșiturile de pe suprafața metalului, prelucrat după noua electrotehnologie, se netezesc. Fisurile, de asemenea, se „cicatrizează“ nu numai în interiorul semifabricatului, ci și pe suprafața lui. Aceasta este foarte important, deoarece, după cum se știe, suprafața netedă, lipsită de fisuri, poate mări considerabil robustețea întregului produs.

Modificările în structura metalului, provocate de acțiunea simultană a forțelor mecanice, încălzirii, precum și a cîmpurilor electric și magnetic, au o acțiune favorabilă asupra produsului obținut. Ele devin cauza unui fenomen extraordinar — al plasticității remanente. Sîrma de wolfram strivită este mult mai plastică decît sîrma inițială. La încercări la întindere, alungirea remanentă la sîrma strivită este de 5—10 ori mai mare decît la semifabricat.

Corespondentul: — Curentul electric la prelucrarea metalelor prin presiune era folosit și înainte. Ce este nou în această soluție?

I. Novikov: — Înainte curentul electric trecea în lungul semifabricatului, care era încălzit integral. Dacă se trece curentul în lungul semifabricatului, valoarea densității curentului nu poate fi foarte mare, aceasta ar duce la încălzirea prea puternică a metalului. Noi am plecat pe o cale principal diferită. Noi folosim curenți de densitate foarte mare, care se induc transversal față de semifabricat și numai în zona de deformație. Metalul se încălzește doar pînă la 200—300°C și nu-și modifică substanțial rezistența mecanică.

Corespondentul: — Ce metale se supun prelucrării cu ajutorul electrotehnologiei?

Scanned with OKEN Scanner

I. Novikov: — Practic toate. Începînd cu aliajele metalelor ușoare — aluminiu, magneziu, litiu, beriliu — și terminînd cu aliajele cele mai greu fuzibile și neplastice ale molibdenului, wolframului, reniului.

În industria electrotehnică se aplică larg aliajele fier-cobalt. Din ele se face banda de înaltă calitate, dar din nou se utilizează laminarea repetată, precum și operațiile complexe și costisitoare de călire și recoacere intermediară. Laminarea cu utilizarea curentului electric permite să se renunțe și la recoaceri și la călire.

Prelucrarea stimulată electric se poate utiliza cu succes pentru materialele metalice, aflate în orice stare — și cristalină și chiar amorfă. Faptul că se reușește să se efectueze prelucrarea stimulată electric a materialelor amorfe este foarte curios din punct de vedere al explicării teoretice a fenomenului. Chestiunea constă în aceea că efectul măririi plasticității metalului la utilizarea curentului electric de densitate mare se explică uneori prin interacțiunea electronilor cu structura cristalină restructurată. Dar, în metalul amorf nu există structură cristalină și, prin urmare, nici posibilitatea restructurării ei. Mai mult decît atît, analiza teoretică și numeroasele experiențe au arătat că și în metalul cristalin interacțiunea dintre electroni și dislocări în structura cristalină este așa de neînsemnată, încît ea nu poate juca nici un rol în căpătarea plasticității de către metal.

Îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice a metalelor și aliajelor este provocată de modificări profunde în structura lor. Sub acțiunea încălzirilor neuniforme ale semifrabicatului se intensifică procesele de difuziune în apropierea microfisurilor și altor defecte ale structurii. Pur și simplu, nu există nici un fel de efect „electronoplastic" netermic.

Corespondentul: — Dar care este situația cu introducerea noii electrotehnologii în practică?

I. Novikov: — Principiile noii tehnologii au fost verificate de cercetătorii din institutul nostru prin experiențe. Noi am efectuat strivirea în microbandă a sîrmei subțiri din wolfram, molibden, reniu, aliaje de molibden-reniu, wolfram-reniu și multe altele. Sîrma strivită din wolfram, realizată cu ajutorul noii tehnologii, se află, ca parametri tehnici, la nivelul celor mai bune benzi din lume. Pentru prima oară s-a reușit să se afle procedeul realizării din wolfram a spiralelor cu rază de răsucire foarte mică fără încălzire la temperatură înaltă.

După efectuarea numeroaselor experiențe, care au confirmat integral soluția noastră, colaboratorii Institutului de Metalurgie al Academiei de științe a U.R.S.S., împreună cu întreprinderile de ramură din industrie au elaborat tehnologia industrială de realizare a benzii de precizie din wolfram pentru un șir întreg de dispozitive electronice cu vid. Au fost găsite regimurile optime de lucru, s-a construit utilajul special, s-a pregătit documentația tehnică necesară. Sîrma turtită de wolfram, obținută prin metodele laminării stimulate electric, se folosește acum la producția în serie a numeroaselor dispozitive ale tehnicii frecvențelor ultraînalte. Și deja se poate vorbi de rezultate. Înlocuirea benzii de molibden prin bandă de wolfram numai pentru unul din dispozitive aduce o economie anuală de peste 1,9 milioane ruble.

Dar deocamdată nu se poate de loc spune că totul merge bine. La prelucrarea materialelor metalice fragile și cu plasticitatea redusă (con-

form noii electrotehnologii) lipsesc practic rebuturile și deșeurile. S-ar părea că se deschid posibilități largi în fața industriei, de care ar trebui să fie interesați în primul rînd colaboratorii Ministerului metalurgiei neferoase. Din păcate, pînă acum ne lovim de indiferența totală a lucrătorilor acestui minister, de altfel, la fel ca și a Ministerului Siderurgiei.

Corespondentul: — Ce se poate spune despre perspectivele utilizării în industrie a noilor metode?

I. Novikov: — Ele permit (aceasta se vede de pe acum) să se elimine practic în toate etapele de prelucrare operațiile costisitoare și laborioase de recoacere și încălzire separată a semifabricatelor. În numeroase cazuri se va putea renunța la utilizarea cuptoarelor de încălzire. În afară de aceasta, se va reduce numărul de caje de laminor, va deveni mai simplă construcția utilajului de laminare, se va micșora consumul de metal pentru el. Există deja baza pentru crearea tehnologiilor industriale de prelucrare plastică a celor mai puțin „maleabile" aliaje de aluminiu, magneziu, beriliu, crom. Consumul de energie la prelucrarea stimulată electric se reduce la o zecime, posibil, și mai mult. Și mai mult se reduce consumul de muncă. S-a calculat că numai eliminarea parțială a operațiilor de recoacere și încălzire a semifabricatelor la producerea, de exemplu, a tablei și benzii din oțel poate economisi anual cîteva miliarde de ruble.

Eu sînt sigur că în viitorul apropiat toate procesele de topire a metalului și de prelucrare a acestuia se vor baza pe diferite feluri de electrotehnologii. Este evident că stimularea electrică se poate aplica cu succes nu numai la laminare, ci la orice feluri de prelucrări a metalului prin presiune. Și aici, utilizarea curentului electric va duce la o reducere substanțială a consumului de energie și materiale. Iar constructorii vor avea la dispoziție aliaje, la care în prezent pot doar să viseze. Deci, în numeroase ramuri ale economiei naționale vor apare aparate și dispozitive noi, mai perfecționate.

Electrotehnologia poate creea o producție complet curată sub aspect ecologic. Se vor putea automatiza complet toate procesele și trece la producția fără oameni. Mi se pare că toate acestea sînt pe deplin convingătoare pentru a acorda mai multă atenție prelucrării stimulate electric a metalelor.

17
Producţia asistată de calculator*

Pentru a defini domeniul producţiei asistate de calculator (PAC) şi a înţelege rolul informaţiei în acest domeniu se descrie procesul propriu-zis, prezentîndu-se diferite etape ale realizării unui produs şi modul de utilizare al informaticii în acest domeniu, degajîndu-se factorii esenţiali care explică interesul actual pentru acest domeniu, ca apoi în ultima parte să se facă un tur de orizont asupra stării actuale a cercetărilor. Concluziile încearcă să degaje cîteva elemente ale viitoarelor dezvoltări.

1. Domeniul actual de aplicaţii ale PAC

Se disting cinci mari domenii de aplicaţie ale informaticii proceselor de producţie:
CPAC — Concepţia şi proiectarea asistate de calculator (CAO — conception assistée par ordinateur; CAD — computer aided design);
FAC — Fabricaţia asistată de calculator (FAO — fabrication assistée par ordinateur; CAM — computer aided manufacturing);
GPAC — Gestiunea producţiei asistată de calculator (GPAD — Gestion de production assistée par ordinateur; PC — production control sau FM — factory management);
CMUC — Comanda maşinilor-unelte cu calculatorul (CMO comande des machines par ordinateur; CNC — computer numerical control sau DNC — direct numerical control);
CCAC — controlul calităţii asistat de calculator (CQAO — control de qualité assisté par ordinateur).

Aceste etape corespund fazelor de realizare ale unui produs: concepţie, proiectare, stabilirea tehnologiilor de fabricaţie, fabricaţia propriu-zisă, controlul tehnic de calitate.

Evident există numeroase opinii referitor la această clasificare generală; pentru unele produse pot lipsi diverse etape sau ordinea fazelor poate fi alta.

---

* Note de lectură după revista „Bulletin de liaison de la recherche en informatique et automatique", nr. 64/1980.

2. Concepţia şi proiectarea asistate de calculator (CPAC)

Un sistem CPAC trebuie să permită ca, pornind de la cerinţele unui produs, emise fie de beneficiari, fie de serviciul de marketing, să definească ansamblul specificaţiilor produsului, atît din punctul de vedere al formei, cît şi al caracteristicilor fizice, mecanice etc.

Printre aceste sarcini luate în considerare de un sistem CPAC se disting:

— ajutorul acordat concepţiei produsului, prin care este posibilă realizarea interacţiunii între conceperea formei şi calculele tehnice;

— ajutorul acordat acestei concepţii pentru materializarea ei, printre care se regăseşte trasarea desenului pieselor, cotarea lor etc.

— ajutorul acordat gestiunii proiectării legat de sarcini, ca de exemplu: documentarea, arhivarea desenelor tehnice (şi în particular ţinerea la zi a modificărilor), transmiterea informaţiilor etc.

Procesele de concepţie pot fi descompuse în trei faze fundamentale: anteproiectare, proiectare, studiul definitiv. În fiecare dintre aceste faze predomină o temă. Munca celui care concepe produsul este împărţită în mai multe etape:

— gîndirea şi reflectarea pentru materializarea ideii;

— calcule la nivelul rezistenţei materialelor;

— consultarea diverselor standarde, cataloage diverse, fişiere ale pieselor existente;

— trasarea desenului pieselor.

Această primă fază se materializează în desenele de ansamblu, care permit specificarea cerinţelor şi care trebuie să satisfacă performanţele impuse produsului.

Se trece la a doua fază a concepţiei produsului, fază al cărei obiectiv este de a asigura ca soluţiile propuse să fie realizabile şi care constă în experimentări parţiale, putînd merge pînă la realizarea prototipului.

În a treia fază se realizează specificaţiile produsului în detaliu, cotarea pieselor, completarea nomenclatoarelor, a referinţelor, a specificaţiilor şi a indicatorului etc.

O analiză de detaliu a activităţii desfăşurate de un birou de studiu cu profil de cercetare şi dezvoltare tehnologică arată că 15% din timpul total este consacrat concepţiei propriu-zise în serviciul de creativitate, 70% din timp este consacrat desenării (pentru trasarea liniilor) şi 15% arhivării şi ţinerii la zi a documentaţiei (gestiunea informaţiilor). În ceea ce priveşte munca de concepţie propriu-zisă, se arată că 1% din timp corespunde unei activităţi materializate în idei cu adevărat noi, 9% corecţiei sau evoluţiei acestei idei, 20% recopierii diverselor variante şi 70% recopierii soluţiilor deja existente.

Dacă se adaugă la aceasta că procesul de concepţie nu este secvenţial şi că există numeroase reveniri între diferitele faze, se poate constata că informatica îşi poate aduce o contribuţie importantă la concepţia unui produs, la regăsirea uşoară a soluţiilor deja existente, stocarea lor într-un spaţiu restrîns (folosind, de ex., microfişele).

Scanned with OKEN Scanner

În acest sens, un rol important constă în limbajul de descriere a geometriei obiectelor *(geometria modelling)*. Primele limbaje au căutat să descrie obiecte în două dimensiuni. Cel mai important a fost APT (Automatically Programmed Tool), dezvoltat de IITRI (Illinois Institute of Tehnology Research Institute din Chicago), ca apoi tehnicile de reprezentare să evolueze și reprezentarea polinomială a suprafețelor să conducă la o interesantă dezvoltare: se pot cita lucrările lui Coons, care alături de Bézier de la Regie Renault, a dezvoltat sistemul UNISURF. Printre alte limbaje dezvoltate se pot cita: EUCLIDE (dezvoltat inițial la LIMSI (CNRS), FORTRAN 3 D etc.

În prezent, o importantă dezvoltare o cunoaște descrierea volumetrică a obiectelor, apărînd cîteva limbaje de tip 3 D. Pornind de la forme volumetrice primitive (paralelipiped, cilindru, tetraedru, sferă), se construiește, prin intersecția acestor forme, obiectul de realizat. Bineînțeles că această tehnică este foarte promițătoare, dar cercetările sînt în fază de dezvoltare ulterioară (post-cercetare).

Evoluția sistemelor CPAC și legătura lor cu alte funcții ale producției impune utilizarea bazelor de date. Problema care se pune este alegerea tipului de baze de date utilizate.

Din punctul de vedere al echipamentelor, un post de lucru CPAC cuprinde, în general, o consolă grafică, un terminal conversațional și o masă trasantă, care pot fi grupate în diverse moduri, unde conceptele economice joacă un rol important, impunînd utilizarea bazelor de date specifice.

Dintre domeniile de aplicație ale CPAC, două sînt mai importante: în mecanică — metalurgie și în electronică. În primul caz, noțiunea de modelare geometrică joacă un rol important, în al doilea caz CPAC este utilizată ca o necesitate absolută în concepția circuitelor integrate și a legăturilor de cablare între componente.

3. Fabricația asistată de calculator (FAC)

După precizarea specificațiilor produsului, preocupările se îndreaptă spre modul în care acesta poate fi realizat.

Se definește elaborarea metodelor ca ansamblul instrucțiunilor și datelor care permit conversia desenului unei piese într-un produs. Această conversie necesită o masă mare de informații tehnologice. Totodată, trebuie să se dispună de informații asupra elementelor ce urmează a fi prelucrate. De exemplu, în mecanică, în cazul prelucrării unei piese, trebuie să se cunoască geometria acestei piese, dimensiunile sale, toleranțele la care urmează a se efectua prelucrarea, specificațiile de prelucrare și, în final, materialul din care va fi realizată piesa.

Ca urmare, va trebui să se dispună de informații asupra tipurilor de operații de efectuat, utilajelor necesare și controlului de calitate cerut de piesele fabricate. Ansamblul acestor operații va determina: operațiile de realizare, programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică în cazul mecanicii, sau realizarea circuitelor integrate.

În ceea ce privește operațiile de realizare, se disting, în general, două niveluri:

— un nivel relativ global, care prezintă succesiunea secvențelor și a tipurilor proceselor tehnologice, determinîndu-se posturile prin care piesele urmează să treacă;

— un nivel mai detaliat, care dă pentru fiecare post secvența operațiilor.

Se știe că această determinare a operațiilor, plecînd de la informații de bază, este o problemă complexă; ca urmare, determinarea secvențelor optime care să producă timpii de fabricație minimi, ținînd seama de numărul mare de posibilități, este dificilă. În prezent există soluții la această problemă, care, deși nu dau satisfacții în întregime, permit totuși reducerea timpului de pregătire.

Obiectivele cercetărilor FAC sînt îndreptate spre:

— editarea automată a secvențelor de prelucrare și a fișierelor de instrucțiuni (în al doilea caz se evită sarcinile repetitive și monotone, care însă consumă timp);

— completarea cunoștințelor serviciilor tehnologice folosind experiența trecutului, punerea la zi a datelor referitoare la noi tehnologii de fabricație, crearea de baze de date tehnologice de întreprindere;

— introducerea unor reguli riguroase în descrierea secvențelor și evoluția lor spre o standardizare;

— formarea personalului care să utilizeze metodele de determinare automată a tehnologiilor pentru căutarea celor mai bune criterii tehnico-economice.

Sistemele de operare și de programe pentru determinarea automată a tehnologiilor se împart în două categorii, după metoda lor de concepție:

— după unii, plecînd de la o codificare a pieselor, se caută în prima etapă gruparea pieselor și a tehnologiilor asociate acestora, determinîndu-se tehnologia de grup, apoi, pentru o nouă piesă, se caută familia de apartenență și se stabilește gama tehnologică corespunzătoare; în acest caz, sistemele de operare sînt relativ simple de definit, dar au o fiabilitate scăzută;

— după alții, se utilizează o descriere generativă a proceselor de prelucrat pornind de la descrierea completă a pieselor și de la cunoștințe tehnologice de bază, compuse din reguli ce descriu experiența anterioară a tehnologului.

Concepția unui astfel de sistem este complexă și timpul de generare a unei tehnologii poate fi lung, dar programele se adaptează relativ ușor specificului fiecărei întreprinderi.

Dacă elaborarea automată a proceselor tehnologice de prelucrare este un domeniu complex, în care PAC este mai puțin avansată, determinarea traiectoriilor sculelor pentru mașinile-unelte cu comandă numerică este în prezent avansată. Este vorba de programarea automată a mașinilor-unelte cu comandă numerică: pornind de la descrierea formelor piesei de prelucrat, descrisă de către tehnolog pentru calculator cu ajutorul unui limbaj specializat de nivel înalt, cunoscînd condițiile tehnologice de prelucrare, mașinile-unelte disponibile și caracteristicile lor, se determină traiectoria sculei ce realizează prelucrarea.

Este evident că informatica, în cazul formelor geometrice complexe sau repetitive, aduce un ajutor apreciabil programatorului. Pe de altă parte, în cazul în care programatorul trebuie să pregătească programul pentru mai multe mașini, faptul că sistemul de calcul cunoaște caracteristicile acestor mașini simplifică apreciabil această sarcină, pentrtu că în acest mod adaptarea la mașină se face automat, cu ajutorul programelor numite *programe de adaptare* sau *postprocesoare*.

În prezent a început să-și facă apariția concepția și fabricația asistată de calculator CFAC și care pune în practică unul dintre avantajele importante ale sistemelor de calcul: legătura interfuncțională la nivelul bazelor de date.

Se poate constata că FAC necesită două tipuri de informații: informații de tip geometric, ce provin din CPAC, și informații de tip tehnologic. Datorită sistemului de calculare, aceste informații pot fi asigurate concomitent, reducînd durata ciclului concepție-proiectare tehnologică, cunoscînd faptul că, în general, concepția unui produs se realizează printr-o serie de iterații între concepție-tehnologie și care măresc durata de realizare a unui produs nou, întîrziind apariția sa pe piață și provocînd confuzie la nivelul realizatorului, ca urmare a existenței mai multor desene tehnice de fabricație.

Începînd din momentul în care informațiile sînt conținute într-o bază de date comună și procedurile de acces și modificare sînt definite, atunci se pot reduce în mod considerabil concepția și realizarea produselor.

De exemplu, se știe că firma BOEING a fost surprinsă de apariția pe piață a AIRBUS-ului vest-european. Firma BOEING a reacționat cu întîrziere, dar reacția a fost deosebit de fermă: concurentul AIRBUS-ului avionul BOEING-767 a fost pe punctul de a zbura la 18 luni de la demararea studiilor. Pentru prima dată, în acest caz, la concepția avionului se utiliza CPAC în proporție de 60%.

4. Gestiunea producției asistate de calculator GPAC

GPAC este o funcție importantă care permite coordonarea ansamblului de activități întîlnite în producție.

Se distinge sistemul fizic, compus la rîndul său din mijloace de producție, personal productiv, materii prime utilizate și în final tehnologiile necesare.

Este un sistem a cărui funcție esențială este de a transforma materiile prime și semifabricatele în produse finite, satisfăcînd un număr de sorturi și de variabile. Pentru aceasta se utilizează un sistem de gestiune a producției.

Intrarea în sistemul de gestiune este constituită din informații de tip comercial, care vor fi obținute într-un mod diferit, după cum întreprinderea își desfășoară activitatea după un program (ca în cazul producției de serie) sau după comenzi (serie unică, mijlocie sau unicate). Ieșirile sînt constituite din elaborarea ordinilor de fabricație și de aprovizionare.

Scanned with OKEN Scanner

Mai multe concepte trebuie să fie luate în considerare: distincția între sistemul fizic care transformă fluxul material în cadrul procesului de producție și sistemul de gestiune, constituit ca o parte a sistemului de decizie și un sistem de informații al cărui rol este de a asigura legătura între cele două sisteme.

Pe măsură ce orizontul se diminuează se poate constata că domeniul luării deciziilor se reduce pentru a deservi o execuție pe termen scurt.

Ca urmare, se constată că deciziile pe termen lung pot pune de acord ansamblul unității de producție, pe cînd pe termen scurt ele nu pun de acord decît un domeniu restrîns: o echipă de producție sau un grup omogen de mijloace de producție. Se constată, de asemenea, că există un volum considerabil de informații care este dificil de stăpînit și de pus la dispoziția organelor de decizie în condiții bune. Informatica devine în aceste condiții obligatorie pentru rezolvarea problemelor legate de: planul de producție, calculul necesităților de materiale, lansarea și urmărirea producției, gestiunea aprovizionării și apoi a producției.

Aceste funcții care utilizează un volum important de informații se pot clasifica în două categorii:

— informații statice (cu o evoluție lentă) produsele în fabricație, nomenclatoarele, mijloacele de fabricație și utilajele, gama de fabricație;

— informații dinamice (cu o evoluție rapidă): comenzile, necesarul de aprovizionare, stocurile etc.

Colectarea acestor informații în întreprindere, la nivelul atelierelor, necesită elaborarea unui circuit informațional adecvat, care poate fi susținut de posturi de prelucrare a datelor, conectat la un sistem de calcul și care să prelucreze informații relative la produsele fabricate, resursele umane, materiile prime, mijloacele de producție etc.

Numeroase cadre de conducere din întreprinderi au subliniat că dacă nu se dispune de aceste posturi, gestiunea producției devine o problemă dificilă.

În prezent există numeroase sisteme de programe care realizează aceste funcții, ca de exemplu PICS, TZAR, UNIS, care au o structură centrală cu prelucrare diferențiată, permițînd rezolvarea problemelor puse în cadrul marilor întreprinderi.

Aceste sisteme necesită mijloace informatice importante. Se poate spune că acestea permit luarea deciziilor de tip static (planul de producție, calculul cerințelor, necesarul de aprovizionare), dar este dificilă utilizarea lor în situațiile dinamice care se întîlnesc în toate nivelele structurii sistemelor de conducere a producției.

În sprijinul acestei afirmații sînt cercetările grupurilor de lucru. Gestiunea automată a producției de la A.D.E.P.A. sau Grupul Factory Management de la CAM-1 (Computer Aided Manufacturing International) au ajuns la aceleași concluzii.

Pentru a căuta remediul acestor inconveniente, a apărut actualmente o nouă generație de sisteme de programe care interesează cîteva din funcțiile arătate anterior (MAN MAN, SESAP, COPICS, IMS).

Există și o altă categorie de aplicații în domeniul producției de serie mare (industria automobilului de ex.) orientate, în principal, pe prelucra-

rea informațiilor la fiecare post de lucru și transmiterea lor la un calculator central. Se poate astfel urmări avansarea prelucrării produsului, starea de funcționare a mașinilor-unelte, activitatea personalului etc. Acestui sistem i se poate reproșa că poate prezenta situația, prin fotografierea instantanee a acesteia, dar nu aduce decît un aport redus în caz că trebuie să facă față perturbațiilor și de a lua noi decizii pentru a corija planul de producție.

În rezumat, se poate spune că necesitatea de a face față rapid perturbațiilor impune structurilor sistemului de conducere o ierarhizare a funcțiilor. În timp ce sistemele de programe tradiționale prelucrează o funcție pe un domeniu global al luării deciziilor (structură verticală), noile sisteme tind să prelucreze mai degrabă un nivel de decizie (structură orizontală), ceea ce permite obținerea unui volum de informații mai redus de prelucrare și un timp de reacție adaptat nivelului decizional. Utilizarea unei baze de date este în acest caz necesară.

Legătura cu alte funcții, în particular CFAC, se realizează cu ajutorul bazei de date. Ca urmare, se constată că etalonarea nomenclatoarelor se realizează de birourile de studiu, în concordanță cu cele de concepție și de proiectare tehnologică, astfel încît toate modificările, evoluțiile și actualizările să beneficieze de aceste legături.

5. Comanda mașinilor-unelte cu calculatorul (CMUC)

La nivelul fabricației, în domeniul industriilor de tip discontinuu, se disting două părți: fabricația componentelor și subansamblurilor, care comportă cea mai mare parte a prelucrărilor și partea de asamblare și montaj general, care necesită un volum mare de forță de muncă.

Dacă se examinează evoluția acestor tehnici, se pot distinge, la nivelul fabricației, cele două tipuri de producție, de serie mare pe de o parte și de serie mică și mijlocie pe de altă parte.

În producția de serie mică și medie, tehnica de automatizare cea mai importantă care a fost introdusă în anii '50 în S.U.A. a fost comanda numerică a mașinilor unelte. Este interesant de arătat că această tehnică a fost introdusă pentru a rezolva problemele prelucrărilor imposibil de a se efectua manual: este vorba de a realiza piese de forme geometrice complexe care necesită coordonarea mișcărilor sculei în spațiu. În această perioadă s-au realizat mașini complexe dar de o fiabilitate aleatoare și la un preț foarte ridicat. Apoi producătorii și-au îmbunătățit continuu tehnica, realizînd mașini mai simple și ameliorînd productivitatea. Ca urmare, comanda avansurilor mașinilor-unelte cu ajutorul unui sistem electronic de comandă, căruia ordinele îi sînt comunicate în general cu ajutorul hîrtiei perforate, realizează cea mai mare parte a condițiilor de utilizare a mașinii, diminuînd reglajele (cu efecte asupra productivității, asupra costurilor de producție și a stocurilor de producție).

Se poate afirma că CMUC au fost primele elemente ale unor sisteme flexibile de fabricație. Evoluția actuală a tehnicii este influențată

15*

pe de o parte de apariția mini/microinformaticii, de microprocesoare în special și, pe de altă parte, de necesitatea legării diverselor posturi de lucru între ele de către mijloace automatizate de transfer.

Apariția minicalculatoarelor de tip industrial au determinat constructorii de mașini-unelte cu comandă numerică să înlocuiască echipamentul specific (care face apel la funcții cablate) cu un calculator de tip industrial, apărînd în acest fel comanda numerică prin calculator a mașinilor unelte (în engleză CNC: Computer Numerical Control).

În general, aceasta a condus la o relativă scădere a costurilor de echipament și a mărit suplețea utilizării, îndeosebi pentru modificări cerute mașinii-unelte.

Utilizarea microprocesoarelor a condus la modularizarea sistemului de comandă. De exemplu, pentru a comanda coordonarea mișcărilor pe cele trei axe de coordonate se afectează cîte un microprocesor pe fiecare axă și un al patrulea microprocesor pentru a efectua coordonarea celorlalte trei, ceea ce aduce o scădere importantă a costurilor de realizare a sistemelor.

O altă modificare adusă de introducerea microprocesoarelor constă în poziționarea dulapului de comandă pe batiul mașinii ceea ce mărește compactitatea ansamblului.

În enumerarea perfecționărilor, nu trebuie uitată comanda adaptivă, tehnică ce constă în dotarea mașinii cu senzori la nivelul prelucrării care detectează anomaliile de funcționare și care transmite informații la nivelul comenzii, după ce se adaptează condițiilor reale de prelucrare, dificil de prevăzut în program. Această tehnică, ce s-a dezvoltat după anul 1970 este încă în curs de perfecționare.

Necesitatea legării mai multor mașini între ele a apărut la sfîrșitul anilor '60, epocă în care a fost introdus conceptul de comandă numerică directă (în engleză DNC: Direct Numerical Control).

Este vorba de a conecta direct cu un calculator mai multe mașini. Există mai multe sisteme: în primul rînd acel al constructorului american SUNDSTRAND care utilizează un calculator ce efectuează coordonarea, elementele de comandă la nivelul mașinii fiind simplificate.

Din contră, sistemul KEARNEY-TRECKER utilizează conceptul de informatică distribuită, în care calculatorul central are un rol de coordonare a diverselor funcții descentralizate ale sistemelor care coordonează mașina-unealtă.

Următoarea etapă a automatizării producției de serie mică și medie constă în automatizarea legăturii între posturi și a transportului pieselor cu ajutorul roboților și al transportoarelor, care, depind de natura pieselor ce se prelucrează, definindu-se astfel o celulă flexibilă de fabricație ca un ansamblu de mașini-unelte deservite de un sistem care asigură transferul pieselor.

În producția de mare serie, ca de exemplu în cea a automobilului, este posibilă automatizarea cu linii automate de transfer care însă asigură un număr redus de operații într-un sistem în general rigid. Introducerea în acest domeniu a elementelor suple de comandă, datorită apariției microprocesoarelor, va conduce la obținerea unei oarecari flexibilități.

A doua fază a fabricației constă în asamblarea și montajul subansamblelor, operații care necesită în general un volum ridicat de manoperă și care au rămas mult timp puțin automatizate datorită dificultăților reproducerii gesturilor umane. Apariția roboților în anii '70 a adus un aport important în acest domeniu, dar dacă pe plan teoretic robotica a atins un nivel înalt, aplicarea rezultatelor în procesele de producție s-a făcut mult mai lent. Chiar dacă se utilizează camere de televiziune și tehnici pentru recunoașterea formelor, se constată existența a numeroase dificultăți pentru aplicarea în practică a acestor tehnici. În prezent există numeroase astfel de aplicații în Japonia, S.U.A., Franța, în special la firma RENAULT.

La nivelul conducerii mașinilor-unelte cu comandă program, în ceea ce privește programele, informațiile pot fi transferate direct pentru sistemele cu comandă numerică directă. În robotică, formele obiectelor pot fi transferate pornind încă de la faza de CFAC.

Lansarea în fabricație, consecință directă a funcțiilor de gestiune a producției asistate de calculator, influențează ordinea în care piesele sînt prelucrate în mașinile-unelte. În cazul celulelor flexibile de fabricație se merge mai departe, deoarece calculatorul vizează atît mașinile-unelte, cît și transportul pieselor.

6. Automatizarea controlului

În prezent automatizarea a pătruns și în controlul producției, deoarece nu se poate accepta reducerea de mari proporții a timpului de prelucrare și continuarea alocării unui timp relativ lung controlului pieselor, instalațiile de testat utilizînd informatica în mod curent.

Se poate cita ca exemplu mașinile de măsurat tridimensional, care măsoară în mod continuu cotele suprafețelor pieselor, indiferent de complexitatea lor sau testarea circuitelor imprimate, imposibil de realizat manual, sau testul cutiilor automate de viteze ale automobilului.

În finalul acestui tur de orizont al PAC se cere amintit și rolul pe care poate să-l joace informatica în documentare pentru diverse categorii de personal: utilizatori, producători, personal de întreținere.

7. Concluzii

S-au descris diferite aplicații întîlnite în PAC, prezentîndu-se și noțiunea de *flexibilitate*. Trebuie menționat că acest cuvînt este utilizat din ce în ce mai mult pentru a desemna toate sistemele PAC, vorbindu-se în același timp de grad de automatizare sau grad de flexibilitate. Apare însă legitimă întrebarea: ce este flexibilitatea în producție? Cum se poate măsura? Care sînt criteriile de clasificare a flexibilității? În S.U.A. și Japonia se vorbește de FMS (Flexible Manufacturing System), idee ma-

terializată în special la producția de serie mică sau medie, celulele de fabricație conținînd ansamblul mașinilor-unelte care permit realizarea prelucrării unei categorii de piese (în cadrul noțiunii de tehnologie de grup), posibilitatea de a afecta în timp real piese pe aceste mașini, de a modifica ordinea de prelucrare în cazul unor perturbații, de a alimenta automat cu piese mașinile-unelte componente, cu ajutorul unui mijloc automat (robot, manipulatoare), dintr-un stoc tampon de piese.

Se subliniază că noțiunea de atelier flexibil implică conexiuni cu toate funcțiile de producție legate în cadrul unor baze de date.

Fără a se vrea o definiție riguroasă, se poate spune că în general conceptul de atelier flexibil a apărut ca urmare a necesităților de adaptare a producției la desele schimbări sortimentale, schimbări care să fie aplicate eficient economic.

Scanned with OKEN Scanner

VI

INGINERIA CALITĂȚII. FIABILITATE, MENTENABILITATE

Scanned with OKEN Scanner

18

Contribuție la comensurarea nivelului tehnic al produselor

Ing. *Petre A. Rădulescu*
Ministerul Industriei de Utilaj Greu

Determinarea cantitativă a nivelului tehnic al produselor (mașini, utilaje, chimicale, alimentare, metalurgice etc.), al tehnologiilor, al serviciilor și altor activități, este o preocupare deosebit de actuală atît în țara noastră cît și în străinătate.

Sarcinile trasate industriei noastre de a ajunge cu 92—95% din totalul produselor la nivel mondial în anul 1990, ca și orice analiză de diagnoză a stadiului nivelului tehnic atins, conduc la necesitatea deținerii unui instrument de calcul indubitabil. Numai pe baza unei asemenea determinări analitice se poate stabili științific strategia de dezvoltare tehnică a unui produs, tehnologie, în general orice activitate materială.

Pe plan mondial și în țara noastră, vertiginoasa revoluție tehnico-științifică, emulația fără precedent a creației inginerești aplicative, cunoaște o complexitate deosebită sub raportul determinării cifrice a nivelului atins din punct de vedere al:

— caracteristicilor constructiv-funcționale, performanțe;

— implicațiilor economice ale producției, utilizării, întreținerii;

— valoarea de întrebuințare în raport cu cerințele calitative necomensurabile cifric ale beneficiarului (frumos, atractiv, odihnitor, comod etc.);

— alte criterii ce constituie instrumente de selectare pe piață a produselor, serviciilor etc. (condiții de plată, termene de livrare, termene de garanție, promptitudine, asistență tehnică, facilități etc.).

Prezenta lucrare are ca obiectiv determinarea cifrică a nivelului atins, deci un indice, o valoare relativă adimensională, luînd ca referință nivelul de competiție ales la etapa respectivă. Este de evidențiat faptul că, într-o etapă dată, orice analiză comparativă de nivel al performanțelor unui „produs“ (astfel vom numi mai departe toate categoriile ce se supun determinării nivelului) trebuie să se refere la minimum două din fazele:

— nivel local (țară, întreprindere, proiectant ș.a.);

— nivelul concurenței (alt competitor) sau cerut de client;

— nivel mondial (cel mai perfecționat competitor);

— nivelul potențial maxim (teoretic către care tind toți competitorii) care este caracterizat prin indicii maximi de calitate.

Scanned with OKEN Scanner

Din punct de vedere cronologic, analiza poate fi retrospectivă sau de diagnoză în raport cu stadiul actual existent în lume, ori de prospectivă comparînd stadiul atins cu cel planificat în etapa următoare pentru a determina volumul activităţilor de perfecţionare ce se impun.

În scopul determinării cu o singură cifră a nivelului atins de produs — indicele nivelului tehnic, în lucrarea de faţă se apelează la un sistem de criterii şi se foloseşte relaţia prezentată în cele ce urmează.

Etapa cea mai importantă, în cazul unui produs dat, este stabilirea sistemului de criterii ce se ia în calcul, situaţiile practice putînd fi:

— criteriile le impune clientul;

— criteriile sînt normate ca reprezentative prin documente anterioare (standarde, contracte, norme etc.);

— criteriile se aleg de analistul respectiv.

Alegerea criteriilor impune o cunoaştere deplină a produsului, istoria lui, funcţiile lui determinate de la proiectare pînă la cele efectiv operante în exploatare, implicaţiile economice, tendinţele şi realizările pe plan mondial în domeniul respectiv ş.a.m.d. De aceea, alegerea criteriilor se face de cei mai buni şi complecşi specialişti în domeniul respectiv al produsului analizat.

Evident că în analiza nivelului tehnic atins de un produs (instalaţie, complex urbanistic, sistem metrou, linii aeriene, servicii de confort la domiciliu, service industrial, sistem dispersat de supraveghere circulaţie, tehnologie de obţinere semifabricate în variante etc., etc.), volumul şi complexitatea muncii de stabilire a criteriilor sînt dependente de complexitatea acelui produs. De exemplu, în cazul analizei *nivelului calitativ* ori nivelului tehnic atins — la data analizei — de proiectul unui compresor de amoniac, analist poate fi un mic colectiv de proiectanţi-furnizori-specialist din exploatare/întreţinere (de exemplu de la IITPIC — MICh, Întreprinderea 23 August Bucureşti, Combinatul Chimic Tg. Mureş), pe cînd în cazul analizei instalaţiilor de amoniac, analist la stabilirea criteriilor trebuie să fie un colectiv numeros. În acest colectiv trebuie să participe proiectantul tehnolog, proiectantul de teme pentru utilaje, proiectantul de utilaje, proiectantul hidro, cel energetic, cel de construcţii, cel de reţele, PSI, economişti, de plan general, specialişti ai furnizorilor de utilaje şi echipamente, inclusiv automatizări, cei din exploatare, mecanici şefi, energetici şefi ş.a., din combinate existente şi de la organele de sinteză. În mod similar se procedează în analizele navelor aeriene, în programele speciale NASA, elaborare standarde internaţionale etc.

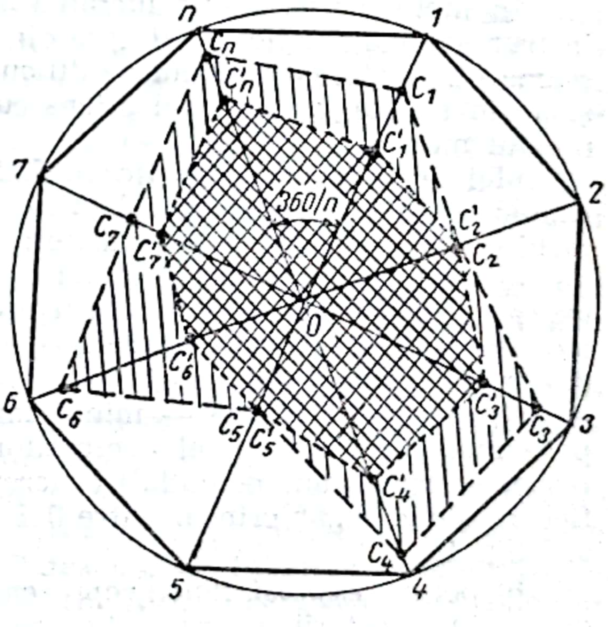


Fig. 18.1. Reprezentarea grafică a nivelului relativ al performanţelor produsului.

Scanned with OKEN Scanner

Adeseori, în analizele complexe de stabilire a pachetului (completului) de criterii și nivelului atins de produs în raport cu fiecare din aceste criterii, se recurge la metoda „brain-storming" — furtuna creierelor — procedură aplicabilă atît de client, de organul de elaborare a actului normativ (standard, normă de firmă etc.) cît și de cel ce parcurge etapa finală, *determinarea cifrică a nivelului atins* de produsul în cauză.

De altfel, este metoda folosită de noi în definitivarea standardelor de ramură, în stabilirea conținutului anchetelor Delphy etc., ca proceduri curente ale ultimelor două decenii în activitatea conceptuală a construcțiilor de mașini, în marketing, în industria chimică, ușoară, a produselor alimentare, în învățămîntul tehnico-economic ș.a.

În modalitățile arătate se pot fixa ca reprezentative un total de n criterii, formînd completul sau pachetul de criterii. Aceasta este etapa I-a în analiza stabilită.

În treacăt fie precizat, că dacă s-ar apela la metodele pînă acum cunoscute ale analizelor criteriale (Frisco, Aida etc.), numărul de decizii posibile (D_N), privind nivelul tehnic al produsului pe baza celor n criterii, ar fi (conform teoriei combinărilor):

$$D_N = n(n-1)/2. \qquad (1)$$

Aceasta ar însemna o diluare a importanței unora dintre criterii, respectiv neglijarea complexității problemei determinării nivelului tehnic al unui produs, și subiectivism.

În metoda propusă în lucrarea de față, analiza stadiului se face cu instrument matematic, pe fiecare din criterii și per ansamblu, ținîndu-se seama de creșterea gradului de dificultate și de consumul de creativitate și de materiale, cu atît mai intens cu cît progresul este mai aproape de nivelul maxim.

Mai departe, caracteristica definitorie a metodei cantitative, elaborate și expuse pentru prima dată în prezentul articol, este evaluarea fiecărui criteriu și ordonarea lor astfel:

a) transformarea lor în indici (adimensionali) cu valori maxime teoretice 1, crescătoare spre 1 pentru nivelele calitative superioare. În acest mod *analiza este nepreferențială,* cele n criterii fiind egal distribuite față de centrul de comensurare „0" (v. fig. 1), adică pe locul geometric — cerc. Astfel, cele patru nivele — minimum de ipostaze — ale produsului, expuse mai sus (propriu, al competitorului terț, al tehnicii mondiale și respectiv maximum potențial) concretizîndu-se în valori discrete pentru fiecare din cele „n" criterii, între 0 zero și unitatea (1) conform graficului din fig. 1.

b) pentru *expresivitatea reprezentării grafice* a nivelului relativ atins de produs, vectorii criterii-indice se amplasează opus (exemplu 05 față de 01, ori 03 față de 07), ținînd seama de semnificația lor în aprecierea produsului. Astfel, dacă 01 este indicele de viteză al unui mijloc de transport aflat în analiză, 05 va fi consumul energetic, ori dacă 03 este randamentul unei instalații de sinteză, 07 va fi indicele de consum de catalizator.

c) pentru fiecare criteriu-indice vom putea poziționa *minimum două valori efective* (proprie și de referință), a treia fiind unitatea, valoarea maximă posibilă, adică în cazul criteriului 1 din grafic, valoarea

Scanned with OKEN Scanner

$0C'_1$ — proprie produsului nostru, $0C_1$ — a produsului de nivel mondial și 01 — teoretic maxim posibil (nu neverosimil). De exemplu, în alegerea sau examinarea critică a unei instalații de poștă pneumatică într-un mare combinat chimic (ori de construcții de mașini grele), $0C'_1 = 0,62$ (62% din laboratoare sînt racordate la instalație), în timp ce într-un combinat similar, cel mai sistematizat din lume, racordarea la poșta pneumatică s-a făcut pentru 92% din laboratoare ($0C_1 = 0,92$), în timp ce posibil este ca toate laboratoarele să fie racordate ($\overline{01} = 1$).

d) pentru fiecare indice, reflectînd un criteriu, valorile se vor determina în așa fel încît să permită compararea indubitabilă a nivelelor calitative. De exemplu, dacă se compară nivelele tehnice ale celor două generații ale produsului — sub raportul costurilor de la cercetare la exploatare — dar generația ulterioară este multifuncțională (ex. robinet „fair-safe" față de ultima generație antifoc dar și cu avertizare la camera de comandă), în astfel de cazuri, în valorile intrinseci ale celei de-a doua ipostaze, ori se elimină cheltuielile aferente conferirii multifuncționalității, ori se ia ca referință un robinet tot de-a doua generație — altă formă — dar numai „fair-safe".

De aici rezultă importanța *stabilirii inițiale a obiectivului analizei pe bază de criterii*. Datorită variantelor practic nelimitate și domeniilor în care se poate aplica metoda expusă aici, de comensurare, fixarea obiectivului este la fel de importantă ca cea a criteriilor pe care le determină.

Se pot enumera cel puțin următoarele obiective de aplicabilitate în afara celui de determinare a nivelului tehnic calitativ atins de un produs: gradul de acoperire a unor necesități în raport cu cel programat (ex. funcțiunile unui complex comercial etc.), evoluția unor fenomene sociale sau procese demografice, ori accidentelor de muncă ori tehnice pe categorii cauzale etc.). Ordonarea și construirea graficului ținînd seama de expresivitatea lui (conform punctului b) pot evidenția imediat tendința fenomenului.

La implementarea indicilor-criteriu în grafic, succesiunile lor vor avea în vedere o zonare a graficului (vezi fig. 2), de care se va ține seama la interpretarea nivelului relativ al calităților unui produs în raport cu referință (nivelul competitorului, nivel mondial etc.), determinîndu-se în ce domenii trebuie acționat cu precădere: construcție, tehnologie, costuri de întreținere, simplitate în exploatare ș.a.).

Numărul de criterii (n) putînd fi oricît de mare (cu condițiile de mai înainte), analiza poate fi exhaustivă, graficul putîndu-se dimensiona (mărimea razei) în funcție de claritatea dorită. În afara funcției vizual edificatoare, metoda are comensurare analitică cifrică, deci este unic determinată, oricît de multe ar fi criteriile adoptate de analist.

e) este de dorit ca în succedarea indicelui să se aibă în vedere că sînt *indici-criteriu generali și specifici obiectului ales*. De exemplu, în domeniul constructiv, în cazul unui reductor de turație se va analiza și nivelul de zgomot pe lîngă volum/kWmax., ori nr. roți matrițate/nr. total etc. Conform celor expuse mai înainte (punctul b), dacă indicele nivelului de zgomot (în figura 2) este 04, cel al cheltuielilor suplimentare de superfinisare-reglare dantură va fi 0—13 ș.a.m.d. Și de această dată este de subliniat necesitatea discernerii cu rigurozitate în fixarea indicilor-criterii pentru a nu compara produse sau variante de produse care au

aparent aceeași structură, dar fac parte din familii cu destinații diferite. De exemplu, nu se va compara prin indicele *timpul de închidere* al unui robinet cu sertar cu pană monobloc cu cel al unui robinet identic ca P_n, D_n, material, acționare, mediu etc., dar cu obturator sferic, fiindcă rezultatul ar fi fals. De aceea, cunoașterea fundamentală a produsului este imperios necesară analizei.

Se disting ca utili și indicii-criterii care exprimă cursul unor tendințe în domeniul analizat (ex. în construcția de mașini — coeficient de scoatere la turnarea semifabricatelor) ori exprimă satisfacerea unor sarcini ori condiții impuse (de exemplu: nivelul de refolosire al reperelor în acțiunea R.R.R. etc.).

Se definesc deci indici-criterii ai nivelului calitativ al unui produs (în accepțiunea definită la începutul lucrării) aceia care caracterizează o categorie bine delimitată, inconfundabilă (tipodimensiune, tiposerie, serviciu „x", activitatea „y" — audiție pe stadionul cutare etc.), ca valoare intrinsecă a produsului.

f) astfel, alcătuite, calculate și ordonate, criteriile în grafic (și eventual tabelar în etapa de comensurare) se unesc punctele valorilor discrete succesive ale criteriilor aceleeași ipostaze ale produsului obținînd *conturile poligonale caracteristice stadiului* (CPCS), ca în fig. 18.1.

Referindu-ne la analiza nivelului tehnic al produselor, ca una din aplicațiile actuale ale metodei analitice propuse aici, este de evidențiat eficacitatea ei sub raportul fiecărui criteriu în parte și, totodată, al VALORII GLOBALE ca rezultantă a sistemului de criterii-indici analitici proprii metodei.

Astfel (v. fig. 18.1), sub raportul criteriului 1, produsul are *indicele de calitate propriu (ICP)* reprezentat grafic $0C'_1$, iar în ipostaza produsului de referință (de exemplu nivelul mondial cel mai dezvoltat) reprezentat prin $0C_1$, adică *indicele de calitate de referință (ICR)*, ambii tinzînd către *nivelul calitativ maxim posibil*, ținta tuturor cercetărilor (ICM) reprezentat prin vectorul 01 în grafic. Din raportul acestora rezultă *indicii relativi (de stadiu)*. Rezultanta *comparării comensurate* a nivelului tehnic sau calitativ al produsului supus analizei, este gradul de satisfacere sau de acoperire a indicilor normați de referință de către produsul propriu, sau al produsului examinat față de nivelul maxim posibil.

Evident, această rezultantă este dată de raportul valorilor suprafețelor delimitate de conturile poligonale CPCS.

Se obține astfel INDICELE NIVELULUI TEHNIC (DE CALITATE) SINTETIC AL PRODUSULUI, caracteristică globală de ansamblu. Acest indice ISNT (ori după caz ISNC) al produsului, tehnologiei, serviciului ori unei alte activități concrete se obține matematic prin raportul valorilor suprafețelor amintite și anume:

— ISNT al produsului analizat față de nivelul mondial (de referință) exemplificat în fig. 1 este dat de raportul dintre aria cuprinsă în conturul $C'_1C'_2C'_3C'_4C'_5C'_6C'_7C'_nC'_1$ (notată mai departe A') și aria $C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7C_nC_1$ notată (A);

— ISNT al produsului aflat la cel mai înalt nivel atins pe plan mondial, față de cel potențial, este dat de raportul ariei A și aria limită cuprinsă în conturul *1 2 3 4 5 6 7 n 1* notată (A_M).

În mod similar se pot calcula și indicii sintetici pentru determinarea stadiului propriu față de cel maxim posibil (A'/A_M).

Pentru exemplificarea noțiunilor de analiză cantitativă a calității, introduse mai înainte, se dau în tabelul 1, valorile caracteristice pentru *o supapă de siguranță cu arc,* cu deschidere bruscă, destinată unui vas de depozit de clor, la parametri identici dar în două ipostaze: produsă de firma X și supapa cea mai perfecționată pe plan mondial (m).

Examinînd secvențial nivelul tehnic al supapei SSB 1200 X față de cel mondial rezultă necesitatea unei ridicări a nivelului performanțelor constructive prin cercetare-proiectare pe modele vizînd sporirea compactității (arcuri taler în loc de spiral, profilarea camerei hidraulice, rapiditatea operațiilor de reparare), în fine îmbunătățirea funcționării în condițiile concrete de contrapresiune din exploatare prin profilarea și dimensionarea experimental-analitică a subansamblului ventil, clopot, burduf, arc, geometrie cameră hidraulică.

Acesta este un exemplu efectiv de utilitate practică a analizei de COMENSURARE A NIVELULUI TEHNIC AL UNUI PRODUS.

Așa cum s-a arătat, conceptul de comensurare stabilit de autor și prezentat în articolul de față, are aplicabilitate efectivă în diverse analize comparative fără a lăsa loc de apreciere subiectivă, constituind un instrument practic al cercetării și depistării rămînerilor în urmă ale nivelului calitativ, comensurat cantitativ al produselor, instalațiilor, tehnologiilor etc.

Depistările cauzelor pe secvențe de cauzalități în combinate și instalațiile complexe, precum și „aportul" fiecărei cauze la scăderea (rămînerea în urmă) a nivelului tehnic este de maxim interes în organizarea cercetării, modernizării, în distribuirea eforturilor și specialiștilor (temelor) pe direcțiile cauzelor. Metoda instrumentală analitică propusă este adecvată, activităților de perfecționare ce le întreprinde IITPIC al MICh, ICITPR al MICh, ICUG al MIUG ș.a. Am constatat preocupări de acest gen, în instalațiile complexe în R. D. Germană, în Canada, în India ș.a., vizînd ridicări de randamente, sporirea disponibilității, reducerea cheltuielilor ineficiente etc., stabilindu-se cauzele și măsurile. Activitatea se efectua de echipe de specialiști de înalt nivel, proiectanți tehnologi de proces izotopic, proiectanți de pompe, compresoare, armături etc., energeticieni, economiști etc. Am prestat o muncă similară într-o instalație din India — instalație chimică de sinteză, simțind de atunci, din 1980, nevoia unei metode analitice de comensurare a nivelului performanțelor constructiv-funcționale ale instalațiilor complexe ca și a fiecărei componente în parte. În ultimii trei ani am testat practic metoda.

Evaluările subiective ale situației nu pot furniza specialistului, ca și în management, elementele decizionale de acționare în sensul îmbunătățirii unei producții sau de cîștigare efectivă a unei competiții de nivel, în condiții maxim avantajoase, realiste.

Ne stau la îndemînă datele statistice din laboratoare și șantiere, rezultatele muncii de cercetare și de urmărire a comportării utilajelor în exploatare, jurnalele de bord din exploatare, constatările în TG (termen de garanție) și postgaranție, cererile de ofertă ale beneficiarilor externi, cotațiile tehnice ale tranzacțiilor internaționale de instalații și utilaje grele etc.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 18.1.

Indicatorii și indicii caracteristici ai nivelului tehnic al supapelor de siguranță SS B 1200 X și SS-B 1200 m (aplicație fig. 18.4)

Indicii	Criteriile							
	Debit evacuat 1	Rapiditatea închiderii 2	Tipizare 3	Fiabilitate reală 4	Compactitate 5	Economicitate în exploatare 6	Refolosire repere la reparații 7	Disponibilitatea reală 8
Formula	Secțiunea de trecere în scaun / Secțiunea de trecere a flanșei de intrare	Valoarea b_2 conform norme / Valoarea reală pe stand	Nr. repere tipizate / Nr. total repere	Fiabilitate efectivă / Fiabilitate normată	Volum arc-burduf / Volum interior carcasă-cameră	Litri produs pierdut normați / Litri produs efectiv pierduți	Nr. repere refolosibile / Nr. repere tipizate	$\frac{D_{real}}{D_{proiect}}$
Nivel calitativ maxim ICM	1	1	1	1	1	1	1	1
ICP X	0,64	0,6	0,82	0,89	0,51	0,58	0,9	0,8
IPR m	0,86	0,99	0,78	0,99	0,6	0,99	0,85	0,99
Stadiul „firmei x" față de nivelul mondial	75%	60%	depășește cu 5%	89,9%	85%	58,5%	Depășește cu 5,8%	80%

Scanned with OKEN Scanner

Pînă la determinarea INDICELUI SINTETIC (GLOBAL) AL NIVELULUI TEHNIC AL UNUI PRODUS, se mai dau următoarele exemple practice de indici de calitate (ICP—ICR—ICM):

— Indicele de scoatere final $= \frac{\text{Greutatea totală a componentelor finite}}{\text{Greutatea totală a semifabricatelor}}$

— Indicele de implementare a sistemului de asigurare a calității (AQ) $= \frac{\text{Număr repere cu AQ}}{\text{Număr total repere în produs}}$

— Indicele de eficacitate energetică a unei acționări (mecanism, transportor etc.) $= \frac{\text{Momentul total pentru lucrul mecanic util}}{\text{Momentul total al acționării}}$

— Indicele energetic de vehiculare $=$

$= \frac{\text{Pierderile totale în conductele propriu-zise}}{\text{Pierderile totale de sarcină în izometrie (inclusiv armături, coturi, teuri, reducții)}}$

— Indicele de vizibilitate al unei cabine $= \frac{\text{Suprafața totală transparentă}}{\text{Suprafața totală necesară liberă}}$

— Indicele economicității unui ambalaj de obiect $=$

$= \frac{\text{Suprafața totală desfășurată a obiectului}}{\text{Suprafața desfășurată a ambalajului}}$

— Indicele utilității unui stand de probe în raport cu gama de produse a firmei $= \frac{\text{Intervalul de valori al parametrilor măsurați}}{\text{Intervalul de valori al parametrilor produselor din fabricație}}$

— Indicele de satisfacere a tipurilor necesarului de produse $=$

$= \frac{\text{Număr tipodimensiuni livrabile}}{\text{Număr tipodimensiuni necesare pieții}}$

— Indicele de realizare a nivelului parametrilor proiectați $=$

$= \frac{\text{Valoarea efectivă în serviciu}}{\text{Valoarea proiectată}}$ ș.a.m.d.

Pornind de la valorile indicilor de nivel parțiali, expuși exemplificativ în tabelul 1, ordonați grafic ca în fig. 2, determinarea cifrică a INDICELUI SINTETIC GLOBAL se efectuează calculînd ISNT ca raport al suprafețelor delimitate de *contururile caracteristice* expuse mai înainte.

Astfel, observînd graficul din fig. 18.2, rezultă imediat că acea caracteristică a nivelului de referință (A — mondial, n explicitat mai înainte) este suma ariilor triunghiurilor centrate, adică:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + \ldots + A_n, \qquad [1']$$

unde:

$$A_1 = \frac{1}{2} C_1 \cdot C_2 \cdot \sin \frac{360}{n};$$

$$A_2 = \frac{1}{2} C_3 \cdot C_2 \cdot \sin \frac{360}{n};$$

$$A_3 = \frac{1}{2} C_3 \cdot C_4 \cdot \sin \frac{360}{n};$$

— — — — — — — —

$$A_n = \frac{1}{2} C_n \cdot C_1 \cdot \sin \frac{360}{n}.$$

în care s-au notat cu C_1, $C_2 \ldots C_n$ valorile vectorilor $0C_1$, $0C_2 \ldots 0C_n$. În mod analog procedînd mai departe cu valorile $0C'_1$, $0C'_2 \ldots 0C'_n$.

Rezultă deci înlocuind în relația (1'):

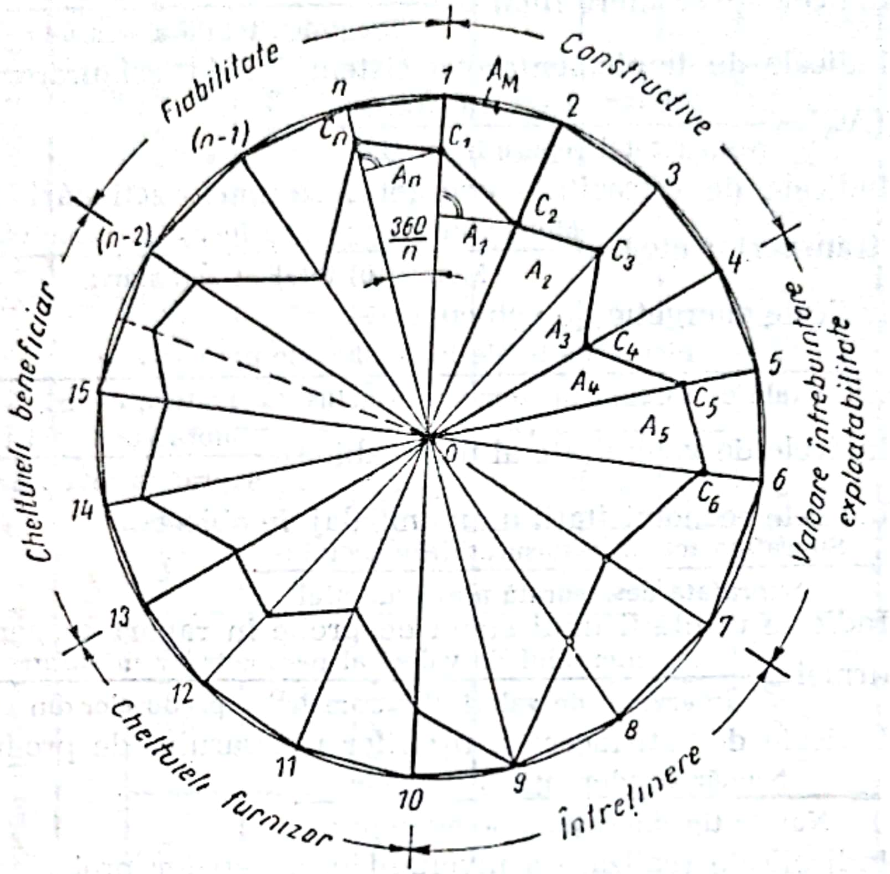


Fig. 18.2. Vizualizarea expresivă a nivelului calității produsului pe domenii de interes.

$$A=\left(\sin\frac{360}{n}/2\right)(C_1\cdot C_2+C_2\cdot C_3+C_3\cdot C_4+C_4\cdot C_5+\ldots+C_1C_n). \qquad [2]$$

Aria caracteristică nivelului maxim posibil, A_M, numită mai sus aria limită, în mod recurent ca în relația (1'), este suma ariilor parțiale adică:

$$A_M=\frac{n}{2}\cdot R^2\cdot\sin\frac{360}{n}, \qquad [3]$$

unde, evident, R este valoarea maximală stabilită $R=1$.

În mod similar cu relația (2), referindu-ne la fig. 1, *aria caracteristică* a produsului analizat A' va avea valoarea dată de formula:

$$A'=\sin 360/n(C'_1\cdot C'_2+C'_2\cdot C'_3+C'_3\cdot C'_4+\ldots+C'_1\cdot C'_n)/2. \qquad [4]$$

Se deține astfel instrumentul analitic necesar calculului NIVELULUI TEHNIC față de referințele posibile, anume:

— față de nivelul tehnic cel mai ridicat pe plan mondial:

$$I^{M_0}_{ISNT}=\frac{A'}{A}=\frac{C'_1\cdot C'_2+C'_2\cdot C'_3+C'_3\cdot C'_4+\ldots+C'_1\cdot C'_n}{C_1\cdot C_2+C_2\cdot C_3+C_3\cdot C_4+\ldots+C_1\cdot C_n} \qquad [5]$$

Scanned with OKEN Scanner

— față de nivelul tehnic al unei întreprinderi similare competitoare (A_c):

$$I^{C}_{ISNT} = \frac{A'}{A_{\overline{C}}} = \frac{C_1' \cdot C_2' + C_2' \cdot C_3' + C_3' \cdot C_4' + \ldots + C_1' \cdot C_n'}{\overline{C_1 \cdot C_2} + \overline{C_2 \cdot C_3} + \overline{C_3 \cdot C_4} + \ldots + \overline{C_1 \cdot C_n}}; \qquad [6]$$

— față de nivelul tehnic maxim posibil

$$I^{M}_{ISNT} = \frac{A'}{A_M} = \frac{C_1' \cdot C_2' + C_2' \cdot C_3' + C_3' \cdot C_4' + \ldots + C_1' \cdot C_n'}{n \cdot R^2}, \qquad [7]$$

Aplicînd relațiile de mai sus în cazul exemplului explicitat în tabelul 1, se obține că nivelul tehnic al supapei de siguranță SS-B 1200 X se află la următoarea cotă față de nivelul atins pe plan mondial în acest domeniu:

$$I^{M_0}_{ISNT} = \frac{C_1^{\bullet} \cdot C_2^{\bullet} + C_2^{\bullet} \cdot C_3^{\bullet} + C_3^{\bullet} \cdot C_4^{\bullet} + C_4^{\bullet} \cdot C_5^{\bullet} + C_5^{\bullet} \cdot C_6^{\bullet} + C_6^{\bullet} \cdot C_7^{\bullet} + C_7^{\bullet} \cdot C_8^{\bullet} + C_8^{\bullet} \cdot C_1^{\bullet}}{C_1^{m} \cdot C_2^{m} + C_2^{m} \cdot C_3^{m} + C_3^{m} \cdot C_4^{m} + C_4^{m} \cdot C_5^{m} + C_5^{m} \cdot C_6^{m} + C_6^{m} \cdot C_7^{m} + C_7^{m} \cdot C_8^{m} + C_8^{m} \cdot C_1^{m}}$$

(exponenții din notațiile de mai înainte au semnificațiile din tabelul 1 și nu de ridicare la putere).

Se obține ușor rezultatul folosind ordonarea valorilor din tabelul 1 și anume:

$$I^{M_0}_{ISNT} = \frac{3{,}5975}{5{,}2668} = 0{,}68305.$$

Aceasta este cota față de nivelul tehnic mondial, adică supapa de siguranță analizată este situată la 68% din nivelul de referință (M_0).

Pentru eliminarea decalajului, 32% din nivelul global mondial, se definesc ca mai înainte căile de investigare-cercetare, vizînd compactitatea, rapiditatea închiderii și fiabilitatea sporite.

Produsul examinat, supapa de siguranță SS-B.1200.X, se află, față de nivelul maxim tehnic posibil, la următoarea cotă rezultată din relația (7), unde $R=1$, adică $I^{M}_{ISNT}=0{,}449$, în procente 44,9%.

În mod similar se determină indicele nivelului tehnic al celui mai perfecționat produs pe plan mondial (la un moment dat — momentul efectuării analizei) față de nivelul maxim posibil potențial, folosind relațiile 2 și 3. Se obține indicele

$$I^{M}_{M_0} = \frac{A}{A_M} = \frac{C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_3 \cdot C_4 + C_4 \cdot C_5 + \ldots + C_1 \cdot C_n}{n \cdot R^2}, \qquad [8]$$

unde totdeauna $R=1$.

Adică, în cazul aplicației alese, $I^{M}_{M_0}=0{,}658$ sau în procente 65,8%. În histograma din fig. 18.3 se redau ilustrativ indicii de comensurare a nivelului tehnic atins pentru produsul studiat în toate ipostazele (referințele) analizate mai înainte.

Deci, în baza determinării analitice a decalajelor existente la un moment dat între nivelul tehnic calitativ atins de un produs la un furnizor și cel atins la același produs în varianta constructiv-tehnologică cea mai perfecționată pe plan mondial (ΔM_0 în fig. 18.3), se stabilește strategia dezvoltării produsului, interdependent cu strategiile de piață, financiare,

de perfecţionare a personalului etc. Această activitate, deosebit de importantă, face obiectul altor lucrări de specialitate necuprinse în obiectivul lucrării de faţă.

Este de remarcat faptul că, datorită perfecţionării mijloacelor de cercetare, de experimentare şi tehnologiilor de fabricaţie practicate pe

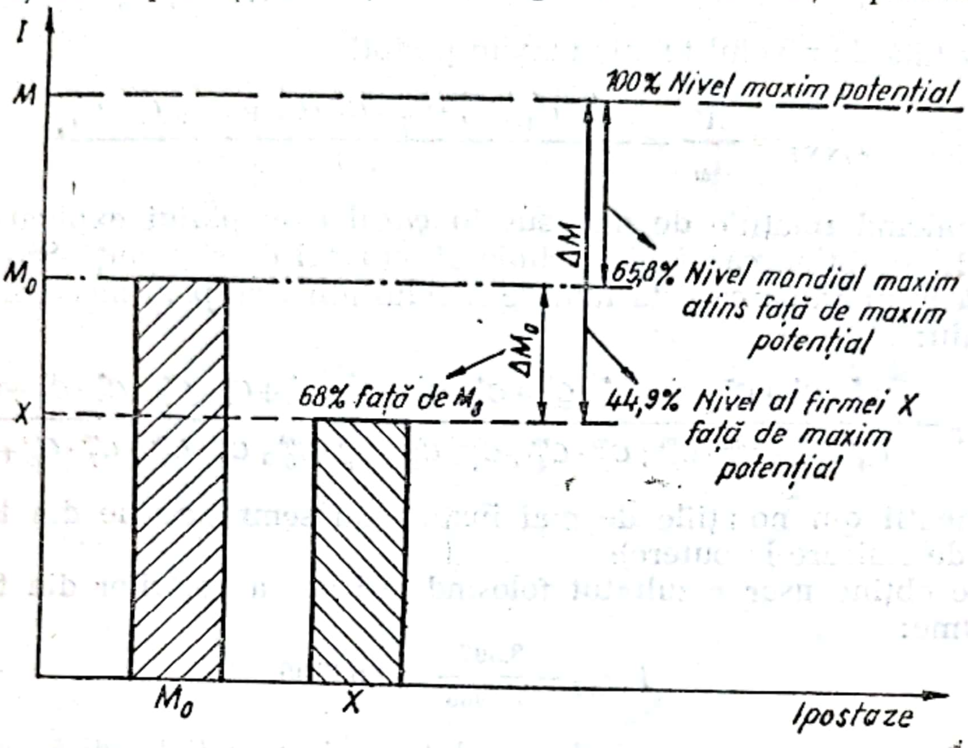


Fig. 18.3. Histograma decalajelor de nivel tehnic.

plan mondial în unităţi aflate peste nivelul mondial tehnic mediu, decalajele se diminuează, în frecvente cazuri, rapid, consumînd capacităţi creatoare şi baze materiale costisitoare. Într-adevăr, aşa cum se explicita la relaţia (1), cu cît etapa de perfecţionare a unui produs este mai apropiată de nivelul maxim posibil (indicii tind spre 1), eforturile sînt mai complexe, mai ample, mai costisitoare. În etapa hipertehnologică în care am intrat, cîteva procente de ridicare a nivelului tehnic, implică cercetări ample, laboratoare, standuri de testare sofisticate, proceduri detaliate care antrenează şi implică un număr mult sporit de specialişti în comparaţie cu etapele anterioare. Tehnica nucleară şi aerospaţială, în care eforturile cresc în ritm mai rapid decît sporurile de performanţe, o dovedeşte pe deplin. La nivel macro, saltul tehnic este însă enorm, justificînd şi valorificînd superior cheltuielile de cercetare-dezvoltare înglobate.

Cu relaţiile 5, 6, 7 şi 8 stabilite mai înainte, precum şi cu orice variantă a acestora, ce se poate determina recurent (ex. nivelul concurenţei faţă de nivelul mondial $I_C^M = Ac/A$), au deplină aplicabilitate practică în comensurarea nivelului tehnic al produselor, serviciilor, tehnologiilor şi altor activităţi. După determinarea acestui indice de diagnoză se trece la programarea activă a strategiei de eliminare a decalajului pe baza analizelor morfologice, vizualizînd în graficul de tip sectorizat (v. fig. 18.2), zonele structurale în care trebuie să acţionăm prioritar (construcţie, fiabilitate etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Se definesc astfel de către analist, cu colectivul restrîns de specialiști, în funcție de anvergura proiectului, temele concrete de cercetare și dezvoltare a produsului, evaluînd și termenul limită de stingere a „decalajului dinamic".

În fig. 18.4 se prezintă graficul ridicat cu datele exemplului practic dezvoltat în tabelul 18.1, rezultînd clar următoarele:

a — decalajele în raport cu criteriile 2, 4, 6 și 8 constituie obiectivele nr. 1 ale firmei X;

b — abordarea acestor cercetări necesită foarte multe date din exploatare și noi standuri de terestre la furnizorul X;

c — pe plan mondial se întreprind multiple cercetări de casă pentru augumentarea indicilor 1 și 5; trebuie continuat și de X;

d — în permanență, cercetătorii în temele de la punctele **a** și **c** nu trebuie să piardă din vedere ca modificările aduse produsului să nu diminueze decalajul favorabil în sensul criteriilor 3 și 7, care privesc tipizarea și economicitatea reparabilității.

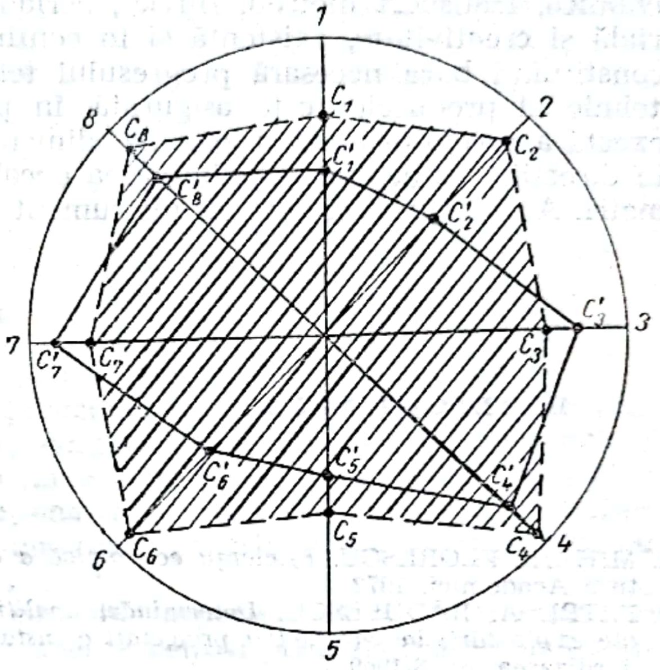


Fig. 18.4. Reprezentarea grafică a nivelului tehnic al supapelor de siguranță conform tabelului 18.1 (cu linie plină — indicii nivelului *X*; cu linie întreruptă — indicii nivelului mondial).

Este de remarcat un alt avantaj al metodei grafo-analitice expuse aici, anume oferirea unui instrument complex de investigație și decizie care permite evidențierea și deslușirea sensurilor practice ale tuturor activităților conjugate ce se întreprind în scopul ridicării nivelului tehnic.

Așa cum s-a precizat mai înainte, în analiza prospectivă ce se elaborează în etapa de concluzionare a studiului pe baza comensurării nivelului tehnic al unui produs, trebuie necondiționat să se calculeze *„decalajul dinamic"*, adică cel ce ține seama de dezvoltarea nivelului referinței pînă la momentul-orizont de perspectivă cînd programăm lichidarea acelui decalaj. Se are deci în vedere faptul că și producătorul (sau o terță firmă) produsului ce azi este etalonul nivelului cel mai înalt pe plan mondial — al tehnicii — va continua să-și perfecționeze produsul, sau îl va înlocui cu alt produs pe alte baze. De exemplu, costul ridicat al asigurării etanșării 100% la pompele pentru vehicularea unor produse deosebite (letale, foarte scumpe, explozive etc.) a condus la apariția pompelor ermetice sau cu cuplaj magnetic care nu se mai pot compara cu pompele cu etanșări mecanice multiple, a căror dezvoltare de nivel tehnic (în utilizările arătate) s-a blocat. Metoda propusă ajută studiile financiare.

Referindu-ne la acest exemplu (sau al motoarelor „turbo" pentru autovehicule de mic litraj), este de remarcat că pe plan mondial nivelul

16*

tehnic în domeniu îl dictează numai cîteva firme, decalajul între ele fiind de cîteva procente.

La fel în domeniul armăturilor și echipamentelor de siguranță și reglare, unde însă realizările din ultimii cinci ani în țara noastră ne-au situat printre primele locuri în lume.

Rezultate similare s-au obținut și în alte domenii (instalații petrochimice, transport metrou, fluvial, aerian etc.), zestrea de dotare materială și creativitate, existentă și în continuă dezvoltare în țara noastră, constituind baza necesară progresului tehnic. Continuitatea progresului tehnic al produselor este asigurată, în primul rînd, prin determinarea exactă a nivelului atins și apoi de dimensionarea și aplicarea eforturilor în direcțiile care necesită eliminarea decalajelor în nivelurile unor parametri. Această lucrare este un instrument în acest scop.

BIBLIOGRAFIE

1. MIHAIL, FLORESCU. *Eficiența economică a cercetării științifice.* București, Editura Academiei, 1972.
2. PETRE A. RĂDULESCU. *Determinări analitice ale efectelor tehnico-economice ale exploatării la parametrii proiectați a instalațiilor de foraj-extracție.* În: Standardizarea, nr. 3/1969.
3. PETRE A. RĂDULESCU. *Construcția, montajul, întreținerea și repararea armăturilor industriale.* București, Editura Tehnică, 1974.
4. PETRE A. RĂDULESCU. *Strategia asimilării produselor.* În: Viața Economică, nr. 35/1972.
5. PETRE A. RĂDULESCU. *Se conturează o nouă piață a tehnicii de vîrf.* În: Revista Economică, nr. 43/1980.
6. PETRE A. RĂDULESCU. *Repere în alinierea la nivelul mondial a exportului de instalații complexe.* În: Revista Economică, nr. 45/1985.

19

Probleme de diagnostic tehnic

Prof. ing. *Mihail Renert*

1. Punerea problemei

Din punct de vedere tehnic, preocuparea pentru stabilirea stării obiectului diagnozei și, în continuare, evaluarea consecințelor valorilor determinate ale parametrilor de stare tinde să se constituie într-o disciplină de sine stătătoare [1 . . . 4]. De menționat că această stabilire a parametrilor de stare se cere efectuată, în numeroase cazuri, fără demontare sau cu operații de demontare cît mai restrînse.

Diagnosticul, în sens larg, cuprinde aspectele teoretice și metodele acestei activități, precum și preocuparea pentru principiile alcătuirii mijloacelor de determinare a parametrilor relevanți.

Se disting trei laturi ale diagnosticului tehnic [1]: diagnosticul propriu-zis, prognoza tehnică și genetica tehnică.

Diagnosticul propriu-zis privește starea în care obiectul se găsește la timpul dat (pentru care se cere efectuată diagnoza).

Prognoza tehnică se ocupă de evaluarea, pe această bază, a comportării în viitor a obiectului, adică de evaluarea timpului de exploatare încă probabil și de determinarea periodicității lucrărilor de supraveghere și de întreținere.

Geneza tehnică se ocupă de starea obiectului la un moment dat al trecutului. În particular, se ocupă de analiza defectărilor, examinînd preistoria obiectului (certă, posibilă sau probabilă).

Există, evident, analogii între diagnosticul medical și cel tehnic. Mai mult, unele mijloace de investigare sînt principial comune medicinii și tehnicii (endoscopia, razele X, ultrasunetele, ca exemple). Date fiind preocupările tuturor producătorilor de mijloace de producție pentru asigurarea unei calități deplin corespunzătoare a produselor, în tabelul 19.1 se sintetizează cerințele față de produsele construcției de mașini în ceea ce privește elementele de construcție, subansamblurile și ansamblurile, pentru evitarea defectărilor.

Între diferitele compartimente de activitate — legate de materialul de construcție, de proiectare, de execuție — montaj și de exploatare — trebuie să existe legături permanente — interacțiune și conexiune inversă *(feedback)*. Acestea se referă atît la măsuri organizatorice, cît și la atitudinea oamenilor — a specialiștilor — care reprezintă aceste domenii de

Tabelul 19.1.

Cerințe față de produsele construcției de mașini [5]

Cerința	Compartimentul*
— Alegerea optimă a materialului — Constituția ireproșabilă a materialului — Cunoașterea (cercetarea) suficient de aprofundată a materialului	Material
— Formă constructivă corectă din punctul de vedere al materialului, al solicitării, al execuției, al posibilităților de control. Solicitările în limitele admisibile	Proiectare
— Execuție-montaj adecvate materialului și formei constructive. Îndrumare, supraveghere, control corespunzătoare pe parcursul execuției-montajului	Execuție-montaj
— Exploatare adecvată sub aspectul solicitărilor („Conform proiectului")	Exploatare

* Toate compartimentele se află în interconexiune. Aceasta trebuie să se manifeste în mod permanent.

activitate. În tabel se scoate în evidență și faptul că, actualmente, specialistul în *materiale* trebuie să se afle mereu alături de ceilalți factori implicați, păstrîndu-și însă specificul activității.

În cele ce urmează se vor prezenta două exemple de *diagnostic de geneză*.

2. Cedarea unei cisterne pentru transportul amoniacului lichefiat [6]

În gazele lichefiate sînt acumulate cantități importante de energie. Pentru prevenirea unor eventuale accidente sau cedării, producerea, depozitarea și transportul acestora sînt supuse unor reglementări naționale și internaționale stricte. O dată cu creșterea temperaturii, faza lichidă a gazelor lichefiate se dilată, iar dacă volumul disponibil nu este suficient de mare, faza de vapori, care este compresibilă pronunțat, dispare. Dilatarea în continuare a fazei lichide dă loc unei presiuni considerabile asupra pereților recipientului, presiune care poate conduce la plesnirea acestuia.

Depresurizarea rapidă, care urmează plesnirii, are ca urmare o evaporare violentă cu caracter de explozie, a unei cantități de gaz lichefiat, datorită entalpiei în exces a fazei lichide la presiunea de funcționare, față de entalpia ei la presiunea atmosferică.

Reconstituirea desfășurării probabile în timp a cedării, cu verificare prin calcul. Se examinează un caz concret de *supraîncărcare*. Se menți-

Scanned with OKEN Scanner

nează că, la puţin timp înainte de cedare*, cisterna în cauză fusese supusă reviziei şi încercării hidraulice la 3 N/mm² suprapresiune programată. Comportarea cisternei a fost corespunzătoare şi a fost admisă, în continuare, pentru transport pe calea ferată.

Cisterna a fost încărcată la producătorul de amoniac la +0,9°C temperatură a fazei lichide. Din cauza unor deficienţe ale sistemului de control al încărcării, aşa cum a rezultat ulterior, cisterna a fost umplută „ochi" (*fără* spaţiu de vapori) şi a circulat pe calea ferată mai multe zile în condiţiile creşterii continue a temperaturii mijlocii a mediului exterior. În intervalul respectiv de timp, conţinutul cisternei s-a dilatat termic şi, concomitent, a crescut şi presiunea sa de vapori. În după-amiaza unei zile, cînd temperatura maximă a mediului atinsese circa +18°C, cisterna a cedat. Cercetarea a arătat, printre altele, următoarele:

— a existat o depăşire importantă, de aproximativ 20%, a gradului de încărcare admis;

— deşi rezistenţa de rupere şi limita de curgere ale materialului s-au păstrat, caracteristicile de plasticitate (lungirea la rupere, rezilienţa) s-au înrăutăţit în decursul anilor de utilizare a cisternei (îmbătrînirea materialului);

— cu toate acestea, în zona de amorsare a ruperii s-a manifestat o *subţiere* a grosimii peretelui — deformaţie plastică, de aproximativ 2%; în această zonă, deformaţia liberă a mantalei cilindrice era împiedicată (local) de o cornieră sudată la exteriorul cilindrului, pe o parte a circumferinţei, avînd rol de opritor; sudura a acţionat şi ca un concentrator de tensiune;

— cedarea a fost violentă; partea cilindrică a cisternei a plesnit şi a fost puternic deformată (planată) după plesnire; fundurile, laolaltă cu porţiuni de virole, au fost smulse şi aruncate la oarecare distanţă de şasiu; au avut loc şi alte efecte dinamice.

Pe baza analizei, a constatărilor făcute, precum şi a rezultatelor încercărilor făcute pe materialul cisternei, se consideră că evenimentul a avut loc în două etape:

— *Etapa I.* Formarea unei fisuri pătrunse în zona de concentrare a tensiunilor. Materialul îmbătrînit nu a fost în stare să suporte o deformare plastică depăşind aproximativ 2%, şi a urmat depresiunea prin fisura astfel amorsată.

— Etapa a II-a. Vaporizarea bruscă a amoniacului lichefiat, depresurizat practic pînă la presiunea atmosferică, cu creşterea însemnată a presiunii în cisterna încă nedezagregată, urmată de dezagregarea acesteia.

În cele ce urmează se prezintă încercarea de a urmări prin calcul aceste două etape. Se face precizarea că o oarecare schematizare a scenariului este inevitabilă.

Etapa I. Atît timp cît cisterna îşi păstrează integritatea, creşterea temperaturii lichidului are drept urmare creşterea volumului ei. În acelaşi timp, dilatarea liberă a lichidului fiind împiedicată de cisternă, se manifestă compresibilitatea acestuia. Pe de altă parte, materialul cisternei se

* La circa 10 săptămîni.

deformează elastic şi plastic, sub efectul presiunii ce se dezvoltă. Aceste aspecte sînt reflectate de relaţia

$$(\Delta V'/V')_T - (\Delta V'/V')_{compr} = (\Delta V/V)_{cist}, \tag{1}$$

în care:

V' este volumul specific al amoniacului lichid la temperatura T considerată;

$(\Delta V'/V')_T$ — creşterea relativă a volumului specific al acestuia datorită încălzirii;

$(\Delta V'/V')_{compr}$ — micşorarea relativă a volumului specific datorită compresibilităţii amoniacului lichid;

$(\Delta V/V)_{cist}$ — creşterea relativă a volumului cisternei sub efectul presiunii interioare (datorită temperaturii).

Pentru început se consideră că deformarea plastică a materialului are loc fără consolidare şi se notează cu p_c presiunea corespunzătoare atingerii limitei de curgere $R_C^{20°}$. Se poate scrie atunci

$$p_c = p_{termic} + p_{sat}, \tag{2}$$

unde: p_{termic} este presiunea corespunzînd dilatării împiedicate;

p_{sat} — presiunea vaporilor saturaţi la temperatura de calcul.

Din relaţia (2) rezultă

$$p_{termic} = p_c - p_{sat}. \tag{3}$$

Dacă se calculează după teoria I a ruperii (în acest caz, rezultatul este acelaşi cu cel dat de teoria a III-a a ruperii), rezultă

$$p_c^{I} = (2S/D_m)R_c, \tag{4}$$

unde S este grosimea peretelui şi D_m — diametrul mediu.

După teoria a IV-a a ruperii,

$$p_c^{IV} = (2/\sqrt{3})(2S/D_m)R_c, \tag{5}$$

unde tensiunea echivalentă este considerată a fi egală cu R_c: $\sigma_{ech}^{IV} = R_c$.

Acum se poate calcula p_{termic} din relaţia (3), valorile p_{sat} luîndu-se din tabelele corespunzătoare [7].

Membrul din stînga al relaţiei (1) este acum complet definit: pe de-o parte,

$$(\Delta V'/V')_{compr} = \psi p_{term}, \tag{6}$$

unde ψ este coeficientul de compresibilitate a amoniacului lichefiat (conform tabelelor din [8]), iar, pe de altă parte, $(\Delta V'/V')_T$ se calculează cu ajutorul tabelelor termodinamice menţionate [7].

Pentru membrul din dreapta al relaţiei (1) se fac următoarele considerente:

Volumul cisternei este

$$V = \pi R^2 L, \tag{a}$$

unde R este raza cisternei şi L are sensul unei lungimi totale, ce înglobează şi capetele bombate ale cisternei.

Scanned with OKEN Scanner

Diferențiala totală a expresiei volumului este

$$dV=\frac{\partial V}{\partial R}\,dR+\frac{\partial V}{\partial L}\,dL. \tag{b}$$

Se efectuează derivatele din relația (b) și se trece la diferențe finite:

$$\Delta V=2\pi RL\Delta R+\pi R^2\Delta L, \tag{c}$$

unde

$$\Delta R=R\varepsilon_2 \text{ și } \Delta L=L\varepsilon_1. \tag{d}$$

Se va vedea că mărimile R și L nu vor mai apărea în rezultatul final, astfel încît nu mai sînt necesare precizări suplimentare pentru ele; indicii 1 și 2 se referă respectiv la direcția axială (meridională) și la cea circumferențială.

Relația (c) devine, ținînd seama de relațiile (d),

$$\Delta V=\pi R^2L(2\varepsilon_2+\varepsilon_1). \tag{e}$$

Ținînd seama și de relația (a), rezultă

$$(\Delta V/V)_{cist}=2\varepsilon_2+\varepsilon_1. \tag{7}$$

Se precizează că acest mod de calcul neglijează dilatarea termică a volumului cisternei, aceasta fiind cu un ordin de mărime mai mică decît cea elastoplastică [6].

Pentru deformațiile relative în domeniul elastic se obține (cilindru cu perete subțire, stare plană de tensiuni):

$$\varepsilon_2=(\sigma_2/E)(1-\nu/2);\quad \varepsilon_1=(\sigma_2/E)(1/2-\nu), \tag{8}$$

unde E este modulul de elasticitate al materialului, și ν — coeficientul contracției transversale. Din relațiile (8), cu $\nu=0,3$, rezultă

$$\varepsilon_2/\varepsilon_1=(1-0,15)/(0,5-0,3), \tag{9}$$

adică

$$\varepsilon_1=0,235\ \varepsilon_2, \tag{10}$$

relația (7) devenind

$$(\Delta V/V)_{cist}=2,235\ \varepsilon_2, \tag{11}$$

pentru partea elastică a creșterii de volum.

Cu teoria I a ruperii se obține astfel, utilizînd relațiile (8_1) și (11),

$$\sigma_2=R_c;\quad \varepsilon_2=0,85\,R_c/E;\quad (\Delta V/V)^{I}_{cist\ el}\,2R_c/E. \tag{12}$$

După teoria a IV-a a ruperii, v. și relația (5),

$$\sigma_2=(2/\sqrt{3})R_c;\quad \varepsilon_2=0,85(\sqrt{2}/3)R_c;\quad (\Delta V/V)^{IV}_{cist\ el}=0,985\,R_c/E. \tag{13}$$

Știind că, în cazul de față, este necesar să se țină seama și de deformațiile plastice și că

$$(\Delta V/V)_{cist}=(\Delta V/V)_{cist\ el}+(\Delta V/V)_{cist\ pl}, \tag{14}$$

se trece la evaluarea celui de-al doilea termen al membrului din dreapta al relației (14). Se admite, în mod obișnuit, că deformația plastică are loc la volum constant al materialului:

$$\varepsilon_{1\,pl}+\varepsilon_{2\,pl}+\varepsilon_{3\,pl}=0. \tag{f}$$

Din relația (8_2), cu $\nu=0,5$, rezultă

$$\varepsilon_{1\,pl}=0. \tag{15}$$

astfel că relația (f) devine

$$\varepsilon_{2\,pl}=-\varepsilon_{3\,pl}. \tag{15 bis}$$

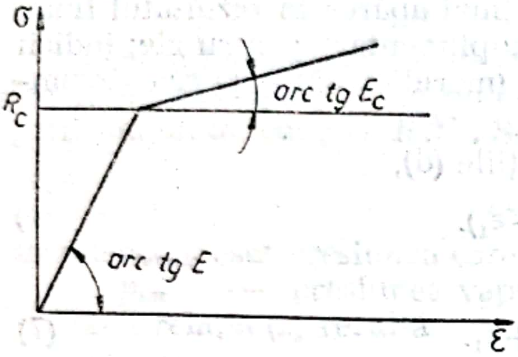


Fig. 19.1.

Relația geometrică (7) rămîne valabilă, adică acum

$$(\Delta V/V)_{cist.\,pl}=2\varepsilon_{2\,pl}+\varepsilon_{1\,pl}=2\varepsilon_{2\,pl}, \tag{16}$$

pentru partea plastică a creșterii de volum, unde s-a utilizat relația (15).

Dacă se pune problema deformației plastice cu consolidare* (fig. 19.1)

$$\sigma_i=E\varepsilon_c+E_c\varepsilon_{i\,pl}, \tag{17}$$

unde indicele i se aplică mărimilor echivalente σ_i și ε_i:

$$\sigma_i=R_c+\Delta\sigma=(1/\sqrt{2})\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}, \tag{18}$$

unde s-a notat cu $\Delta\sigma$ partea de tensiune ce corespunde deformației plastice ($\sigma_i>R_c$). Aici, deformația totală este

$$\varepsilon_i=\varepsilon_{i\,el}+\varepsilon_{i\,pl}, \tag{19}$$

cu

$$\varepsilon_i=(2/\sqrt{3})\sqrt{B}, \tag{19 bis}$$

unde

$$B=[(\varepsilon_{1\,el}+\varepsilon_{1\,pl})-(\varepsilon_{2\,el}+\varepsilon_{2\,pl})]^2+[(\varepsilon_{2\,el}+\varepsilon_{2\,pl})-$$
$$-(\varepsilon_{3\,el}+\varepsilon_{3\,pl})]^2+[(\varepsilon_{3\,el}+\varepsilon_{3\,pl})-(\varepsilon_{1\,el}+\varepsilon_{1\,pl})]^2.$$

Pentru deformația totală a cisternei se obține, ținînd seama de relațiile (7) și (15),

$$(\Delta V/V)_{cist}=2(\varepsilon_{2\,el}+\varepsilon_{2\,pl})+\varepsilon_{1\,el}. \tag{20}$$

Conform celor ce preced [relațiile (1), (6), (8)] pentru σ_2 calculat cu relația (12) sau cu relația (13), valorile numerice pentru toți termenii relației (20), cu excepția mărimii $\varepsilon_{2\,pl}$, pot fi calculați. Relația (20) devine astfel ecuația care dă pe $\varepsilon_{2\,pl}$.

Deoarece

$$2\,\varepsilon_{2\,el}+\varepsilon_{1\,el}=(\Delta V/V)_{cist\,el},$$

iar

$$2\,\varepsilon_{2\,pl}=(\Delta V/V)_{cist\,pl},$$

* $E^{20°}=2,1\times10^5$ N/mm²; $E_C^{20°}=6\,850$ N/mm²

Scanned with OKEN Scanner

se poate scrie, pe baza relației (20),

$$\varepsilon_{2\,pl}=(1/2)(\Delta V/V)_{cist\,pl}=(\Delta V/V)_{cist}-(\Delta V/V)_{cist\,el}, \tag{21}$$

expresie care dă valoarea numerică a deformației plastice relative după circumferință, în peretele corpului cilindric, *netulburat* de concentrarea de tensiuni. Pentru acest domeniu, intensitatea ε_i a deformațiilor se poate exprima acum numeric. Utilizarea relației (19 bis) în acest scop este ușurată de faptul că, așa cum s-a arătat, relațiile (15) și (15 bis), $\varepsilon_{1\,pl}=0$, iar $\varepsilon_{2\,pl}=-\varepsilon_{3\,pl}$. Cunoscînd valorile ε_i și $\varepsilon_{i\,el}$, $\varepsilon_{i\,pl}$ se poate calcula din relația (19):

$$\varepsilon_{i\,pl}=\varepsilon_i-\varepsilon_{i\,el}. \tag{22}$$

Efectul concentrării de tensiuni se ia în considerare cu ajutorul relației lui *H. Neuber* ([9], v. și [10]),

$$\alpha_k=\sqrt{\alpha_\sigma\alpha_\varepsilon}, \tag{23}$$

unde α_k este coeficientul de concentrare a tensiunilor în domeniul elastic de solicitare, iar, după intrarea în curgere, cu redistribuirea tensiunilor și a deformațiilor, α_σ este coeficientul de concentrare a tensiunilor în domeniul plastic și α_ε — coeficientul de intensificare a deformațiilor, în același domeniu.

Urmează imediat

$$\alpha_\varepsilon=\alpha_k^2/\alpha_\sigma \tag{24}$$

unde

$$\alpha_\sigma=(R_c+\Delta\sigma)/R_c. \tag{25}$$

Potrivit fig. 19.1 și relației (17),

$$\Delta\sigma=E_c\,\varepsilon_{i\,pl}. \tag{26}$$

Rezultă astfel, pentru intensitatea de ansamblu a deformațiilor (deformații echivalente), în zona de concentrare a tensiunilor,

$$\varepsilon_i^*=\varepsilon_{i\,el}+\varepsilon_{i\,pl}=\alpha_\varepsilon\,\varepsilon_2 \tag{27}$$

ε_i fiind dat de relația (19), respectiv (19 bis). Din ε_i^* se calculează cu aceeași relație (19 bis), în care valorile mărimilor $\varepsilon_{j\,el}$ ($j=1, 2, 3$) nu s-au schimbat, ε_{2pl} (și $\varepsilon_{3pl}=-\varepsilon_{2pl}$).

În final trebuie procedat la corijarea valorii presiunii din cisternă, considerată pînă acum a fi p_c — relațiile (4) sau (5). În fapt, presiunea efectivă, cu luarea în considerare a consolidării materialului, este

$$p_{ef}=\alpha_\sigma p_c. \tag{28}$$

Această relație liniară reflectă proporționalitatea dintre tensiunea echivalentă (acum $R_c+\Delta\sigma$) și presiune, proporționalitate care se păstrează și după intrarea în curgere. Efectul compresibilității amoniacului lichefiat — relația (6) — a fost însă introdus în calcule numai pentru valoarea corespunzînd presiunii la atingerea limitei de curgere a materialului — relațiile (4) și (5) scrise în ipoteza curgerii fără consolidare, așa cum s-a menționat. Există posibilitatea ca rezultatul desfășurării calculului în modul indicat, constituind o primă aproximare, să fie îmbunătățit, repetîndu-l, cu deosebirea că, în relația (3), în loc de p_c se intro-

Scanned with OKEN Scanner

duce p_{ef}. Aceasta constituie aproximaţia a II-a, căreia îi poate urma o a III-a etc. Calculele sînt date în amănunt în tabelul 6 din [6], care prezintă cele trei aproximaţii efectuate succesiv, pentru temperaturi de +6 şi +7°C ale amoniacului lichefiat — calcule preliminare arătînd că evenimentul a avut loc în acest interval de temperatură. În tabelul 19.2 sînt

Tabelul 19.2

Etapa I. Compararea aproximaţiilor succesive

	Simbolul	Aproximaţia	Unitatea de măsură	Teoria I a ruperii		Teoria a IV-a a ruperii	
				Temperatura			
				+6°C	+7°C	+6°C	+7°C
Lungiri relative, respectiv contracţii în zona de concentrare (componenta plastică)	$\varepsilon^{\bullet}_{2\,pl} = -\varepsilon_{3\,pl}$	I II III	% % %	1,36 1,17 1,49	2,85 2,25 2,46	0,98 0,66 0,92	2,45 2,01 2,35
Presiuni dezvoltate	p_{ef} (fisurare)	I II III	N/mm² N/mm² N/mm²	6,63 6,48 6,68	7,70 7,26 7,38	7,45 7,25 7,25	8,60 8,10 8,45

recapitulate, în vederea comparării lor, rezultatele celor trei aproximaţii efectuate în modul indicat. Valorile minime pentru lungiri şi presiuni se obţin de la a doua aproximaţie, a treia ducînd la valori ceva mai ridicate însă inferioare aproximaţiei I, la teoria a IV-a ruperii. Toate valorile obţinute pentru deformaţii arată că evenimentul, care şi-a lăsat ca „amprentă" o micşorare a grosimii peretului în zona de concentrare a tensiunilor şi de amorsare a fisurii de aproximativ 2%, a avut loc în intervalul de temperaturi cuprins între +6 şi +7°C. De altfel, cercetarea a arătat că şi corpul cilindric a suferit o lungire remanentă de ordinul $\varepsilon_{2pl}=2\%$ după circumferinţă [relaţia (15 bis)]. Fisurarea a avut loc la presiuni cuprinse între 6,5 şi 8,1 N/mm². Dacă se consideră ca mai adecvată materialului îmbătrînit teoria I a ruperii, intervalul de presiuni se reduce la 6,5 . . . 7,3 N/mm².

Dacă se consideră formula cunoscută a lui J. H. Faupel pentru presiunea de plesnire [11],

$$p_{plesnire}=(2/\sqrt{3})\,R_c(2-R_c/R_m)\ln/(D_{ext}/D_{int})\pm 15\%, \qquad (29)$$

cu datele constructive şi de material (diametrul exterior $D_{ext}=2\,548$ mm; diametrul interior $D_{int}=2\,500$ mm; limita de curgere $R_c^{20}=312$ N/mm²; rezistenţa de rupere $R_m=480$ N/mm²), se obţine

$$p_{plesnire}=7{,}85\ldots 10{,}62\ \text{N/mm}^2,$$

pentru materialul neîmbătrînit, cu caracteristici de plasticitate normale.

Etapa a II-a. Vaporizarea bruscă a amoniacului lichefiat, depresurizat, este urmărită prin calcul în tabelul 19.3, admițînd că aceasta are loc fără schimb de căldură cu mediul înconjurător și fără evacuare de substanță din cisternă, în timpul unei eventuale perioade de tranziție. Se constată că evaluarea conduce la o presiune a vaporilor astfel degajați de

Tabelul 19.3

Etapa a II-a (explozia de vapori)

Denumire, parametri, formulă	Simbol	Unitatea de măsură	Valoare	
Caracteristici termodinamice				
Entalpia amoniacului lichefiat	i'_T	J/kg	$T=+6°C$, $446{,}52\cdot10^3$ $T=+7°C$, $451{,}16\cdot10^3$	
Entalpia amoniacului lichefiat la temperatura de fierbere, la presiunea atmosferică	i'_{-34}	J/kg	$264{,}39\cdot10^3$	
Căldura de vaporizare la —34°C, presiune atmosferică	γ	J/kg	$13\,730{,}33\cdot10^3$	
Volumul specific al vaporilor la —34°C, presiune atmosferică	V''_{-34}	m³/kg	1,20	
Mărimi calculate			$T=+6°C$	$T=+7°C$
Căldura disponibilă $(i'_T-i'_{34})$	$\Delta i'$	J/kg	$182{,}12\cdot10^3$	$186{,}81\cdot10^3$
Dezvoltarea specifică masică de vapori, $\Delta i'/\gamma$	φ	$\frac{\text{kg vapori}}{\text{kg lichid}}$	0,133	0,137
Dezvoltarea specifică volumică de vapori, V''_{-34}	ρ	$\frac{\text{m}^3\text{ vapori}}{\text{kg lichid}}$	0,154	0,159
Dezvoltare totală de vapori la —34°C și presiune atmosferică	V''	m³ vapori	4 580	4 740
Presiunea dezvoltată,* $p_{final}=p_{-34}\cdot\frac{V''}{V_{cist}}$	p_{final}	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ abs	9,8	10,1

Masa încărcăturii 29,7 t; volumul cisternei $V_{cist}=46{,}6$ m³; $p_{-34}=0{,}1$ N/mm² abs.

aproximativ 10 N/mm² absolut. S-a calculat, ca ecuație de stare, cu relația Boyle-Mariotte, valabilă de fapt pentru gaze ideale. În anexa la lucrarea [6] se arată că utilizarea ecuației van der Waals, ai cărei parametri au fost evaluați, nu schimbă practic rezultatul în cazul de față.

Concluzii. Diagnosticul de geneză a avariei, formulat la început pe baza cercetărilor efectuate la fața locului, a fost confirmat prin calculele desfășurate pe trei căi diferite: pe baza urmăririi fenomenului, pe baza teoriei elasticității și plasticității, pe baza relației lui Faupel și pe bază termodinamică. Presiunea maximă, deformația plastică (remanentă) identificată, de asemenea intervalul de temperatură în care evenimentul a avut loc, concordă în bună măsură.

Scanned with OKEN Scanner

3. Cedarea unui corp de înaltă presiune [12]

Într-o instalație de sinteză a amoniacului, separatorul de amoniac — recipient sub presiune înaltă, lucrînd la temperaturi criogenice, montat orizontal — s-a dezmembrat brusc, într-un mare număr de fragmente de mase diferite. Cedarea a avut loc în regim normal de funcționare a instalației, fără nici o perturbare anterioară evenimentului, așa cum a arătat cercetarea minuțioasă a tuturor înregistrărilor și cum a rezultat și din declarațiile personalului. S-a pus totuși problema, dacă o astfel de explozie a fost posibilă fără creșterea necontrolată a presiunii din interiorul separatorului la valori periculoase.

Ținînd seama de faptul că sînt cunoscute cazuri de rupere fragilă, bruscă, a unor obiecte ca cel în cauză, cu propagare rapidă a fisurilor, la niveluri de solicitare (niveluri de tensiuni) în perete sub cele admise de calculul de rezistență [13], s-a emis ipoteza că a avut loc o fisurare bruscă, permițînd descărcarea tot bruscă, practic instantanee, a gazului aflat sub presiune în separator. Datele problemei sînt cele din tabelul 19.4.

Tabelul 19.4

Datele problemei

Date geometrice
Corpul separatorului
Cilindru, diametru interior 2 m, lungimea 6,648 m, cu două capete semisferice de diametru interior 2,030 m
Volum $V=25{,}25\ m^3$
Volumul ocupat de gaze
52% din volumul corpului: $V_1=0{,}52\cdot 25{,}25=13{,}13\ m^3$
Parametri de regim
Presiunea de lucru la momentul incidentului 14,2 m/mm^2 suprapresiune, respectiv $P=1{,}43\cdot 10^7\cdot 0{,}98066=1{,}40235\cdot 10^7\ N/m^2$
Presiunea atmosferică $P_0=1{,}033\cdot 0{,}98066=1{,}013\cdot 10^5\ N/m^2$
Temperatura de intrare a gazului, —21°C
Compoziția gazului, % vol: N_2, 21,01; Ar, 3,08; H_2, 63,34; CH_4, 10,52; NH_3, 2,05
Exponentul adiabatic
$\gamma=C_p/C_{vm}=26{,}09/21{,}499=1{,}2135$,
unde:
$C_p=26{,}09$ kJ/kmol·K și $C_{vm}=21{,}499$ kJ/kmol·K la —21°C și $P_1=1{,}40235\cdot 10^7\ N/m^2$
pentru amestecul de gaze considerat, calculat cu formulele:
$C_{v1}=5/(2\ R)$ pentru gaze biatomice (N_2 și H_2);
$C_{v2}=3/(2\ R)$ pentru argon; $C_{v3}=6/2\ R$ pentru NH_3;
$C_{v4}=7/2\ R)$ pentru CH_4;
$R=8{,}32$ kJ/kmol·K — valoarea constantei universale a gazelor.

Evaluare teoretică *(balistica interioară).* Energia dezvoltată de amestecul de gaze, considerat inert, prin expansiune adiabatică instantanee, de la presiunea P_1 la presiunea atmosferică P_0 este [14]

$$E=\frac{P_1V_1}{\gamma-1}\left[1-\frac{1}{(P_1/P_0)^{[(\gamma-1)/\gamma]}}\right]. \tag{1}$$

Cu datele problemei se obține

$$E=50{,}02\cdot10^7 \text{ J}. \tag{1 bis}$$

Considerînd că 1 kg TNT echivalează cu $0{,}425\cdot10^7$ J, se obține masa echivalentă din acest exploziv

$$M_{TNT}=\frac{50{,}02\cdot10^7}{0{,}425\cdot10^7}=117{,}61 \text{ kg},$$

indicată aici pentru orientare.

Comparație cu situația reală *(balistica exterioară).* S-a arătat că cedarea a avut drept consecință formarea unui număr mare de fragmente, care s-au răspîndit pe o arie destul de extinsă. Au putut fi recuperate o parte dintre acestea, de mase diferite, căzute la distanțe diferite de epicentrul evenimentului. Ținînd seama de distanța dintre epicentru și fiecare loc de impact, au fost calculate energiile cinetice inițiale (la desprindere) ale fragmentelor, în două ipoteze diferite: traiectorii cu tangenta la origine sub 45° și sub 10° față de orizontală. Rezultatele acestor calcule sînt date în tabelul 19.5. Se consideră că cele $n=9$ fragmente din tabelul 5 constituie un eșantion reprezentativ.

Fie M_i masa unui fragment și $V_i^{45°}$, respectiv $V_i^{10°}$, viteza inițială a ei, în cele două ipoteze considerate.

Tabelul 19.5

Elemente de balistică exterioară

Poziția	Masa, kg	Viteza inițială, m/s		Energia inițială 10^6 J	
		la 45°	la 10°	la 45°	la 10°
1	2 330	40,0*		1,8630*	
2	127	81,0	139,1	0,420	1,229
3	132	92,1	157,5	0,559	1,628
4	201,6	80,2	137,0	0,647	1,894
5	139	90,7	155,2	0,569	1,530
6	105	32,0	54,8	0,0716	0,209
7	306	73,6	125,9	0,830	2,422
8	214	73,7	126,0	0,577	1,697
9	180	41,4	70,7	0,580	0,451

* Fragmentul nr. 1, racord cu o parte de capac semisferic, amplasat axial, a fost aruncat după orizontală. Energia sa inițială se include în ambele sume.

Energia cinetică a tuturor fragmentelor este

$$E_n^{\varphi}=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{9}\frac{M_i}{g}(V_i^{\varphi})^2, \tag{2}$$

unde $i=1\ldots9$ și $\varphi=45°$ sau 10°.

Scanned with OKEN Scanner

Masa tuturor fragmentelor considerate este, conform tabelului 19.5,

$$M' = \sum_{i=1}^{9} M_i = 3\,769{,}5 \text{ kg}. \tag{3}$$

Masa corpului cilindric, fără amenajări interioare, este $M_{corp}=31\,500$ kg. Energia cinetică totală a fragmentelor întregului corp

$$E^{\varphi}_{tot} = M/M' E^{\varphi}_{n}, \tag{4}$$

unde E^{φ}_{n} este dat de relația (2), iar M' de relația (3).

Din tabelul 19.5, prin însumarea ultimelor două coloane, se obține

$$E_9^{45°}=6{,}1166\cdot 10^6 \text{ J} \quad E_9^{10°}=12{,}9277\cdot 10^6 \text{ J}. \tag{5}$$

Ținînd seama de faptul că, în energia cinetică a fragmentelor se regăsește doar 1/5 din energia dezvoltată de explozie* [14], rezultă că trebuie considerate ca efective valorile (5), amplificate prin înmulțire cu 5:

$$\left.\begin{aligned} E_{ef}^{45°} &= 5\cdot 6{,}1166\cdot 10^6 \text{ J} = 30{,}5830\cdot 10^6 \text{ J};\\ E_{ef}^{10°} &= 5\cdot 12{,}9227\cdot 10^6 \text{ J} = 64{,}6135\cdot 10^6 \text{ J}.\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Se obține astfel, pentru energia cinetică dezvoltată de explozie, cu utilizarea relației (4) și a valorilor (6),

$$\left.\begin{aligned} E_{tot}^{45°} &= 25{,}5565\cdot 10^7 \text{ J};\\ E_{tot}^{10°} &= 53{,}9945\cdot 10^7 \text{ J}.\end{aligned}\right\} \tag{7}$$

Se observă că rezultatele (1 bis) și (7), pentru valorile energiilor, pot fi așezate în ordinea mărimii lor, după cum urmează:

$$\left.\begin{aligned} E_{tot}^{45°} < E < E_{tot}^{10°},\\ \text{adică } 25{,}55\cdot 10^7 < 50{,}20\cdot 10^7 < 53{,}99\cdot 10^7,\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

în J.

Concluzii. Relațiile (8) arată că energia destinderii adiabatice, instantanee, a gazului din separator, evaluată la $50{,}20\cdot 10^7$ J, a putut fi suficientă pentru dezmembrarea acestuia și împrăștierea fragmentelor cu traiectorii mai razante, apropiate de cele sub 10°. Se constată, astfel, că presiunea normală de regim, fără suprapresiune, a putut declanșa evenimentul, în condițiile dezvoltării unor fisuri, pornind de la amorse existente și identificate la cercetare.

4. Încheiere

Examinarea celor două cazuri de avarie arată, ca exemplu, că, utilizînd aparatul teoretic adecvat și informațiile culese la fața locului, desfășurarea evenimentelor poate fi urmărită prin calcule care să con-

* De exemplu, energia necesară dezmembrării corpului, adică creării suprafețelor de rupere, intră cu pondere însemnată în bilanț.

tribuie la elucidarea originii lor, deci la formularea unui diagnostic de geneză. Pe această bază pot fi stabilite și măsurile necesare pentru evitarea repetării avariilor.

BIBLIOGRAFIE

1. PARHOMENKO, P. (red.). *Osnovî tehniceskoi diagnostiki.* Vol. I. Moscova, Energhiia, 1976.
2. WOHLLEBE, H. (ed.). *Technische Diagnostik im Maschinenbau.* Berlin, VEB Verlag Technik, 1978.
3. BIRGHER, I. A., ȘOR, B. F. și IOSELEVICI, G. B. *Rascet na procinosti detalei mașin.* Moscova, Mașinostroenie, 1979 (cap. 35).
4. RENERT, M., OLTEANU, I. și DIȚĂ, M. În: Construcția de mașini, 37, nr. 4, 1985, p. 177—182.
5. GRÄFEN, H. *Asupra cercetării avariilor.* În: V.D.I.-Berichte, nr. 243/1975, p. 5—12.
6. RENERT, M. și MUSCAN, A. I. În: Buletin I.S.C.I.R., nr. 5, 1980, p. 385—406.
7. RAJNEVICI, K. *Tabele și diagrame termodinamice.* București, Ed. Tehnică, 1978.
8. ULLMANN. *Enzyklopädie der technischen Chemie.* München und Berlin, Ed. Urban & Schwarzenberg, 1955.
9. NEUBER, H. Trans. În: ASME, Ser. E, J. Appl. Mech., 28, nr. 4, 1961, p. 551.
10. RENERT, M. În: Rev. de chimie, 29, nr. 2, 1978, p. 85—88.
11. BROWNELL, L. și YOUNG, E. *Process Equipment Design.* New York, Wiley, 1959.
12. RENERT, M. și CUTUCA, C. În: Rev. de chimie, 35, nr. 9, 1984.
13. NICHOLS, R. W. *Pressure Vessel Engineering Technology* (trad. în l. rusă). Amsterdam, Elsevier Publishing Co., Moscova, Mașinostroenie, 1975, p. 445.
14. SPAIN, I. și PAAUWE, J. *High Pressure Technology.* New York și Basel, Ed. Dekker, 1977, cap. 3.

Scanned with OKEN Scanner

VII

ACTUALITĂȚI ȘI INFORMAȚII TEHNICO - ȘTIINȚIFICE

Scanned with OKEN Scanner

20

SESIUNEA ŞTIINŢIFICĂ

Noi materiale metalice pentru industriile de vîrf din România

Academia Republicii Socialiste România, 5 noiembrie 1986

Prof. emerit dr. doc. ing. *Suzana Gâdea*
Membru corespondent al Academiei R.S.R.

În succesiunea manifestărilor anuale din domeniul cercetării ştiinţifice metalurgice, sesiunea din 5 noiembrie 1986, intitulată *„Noi materiale metalice pentru industriile de vîrf din România"*, ţinută sub egida Academiei R. S. România, a ilustrat orientarea cercetărilor metalurgice şi nivelul ridicat al lucrărilor efectuate în principalele centre universitare din ţară, institute de cercetări şi mari combinate metalurgice.

Metalurgia, ca ramură industrială ce se bazează în mare parte pe procedee energointensive, intervine cu o pondere considerabilă în consumul de energie la nivel naţional. Totodată, însă, materialele metalice pe care industria metalurgică le creează, sînt o condiţie a dezvoltării producţiei de energie, într-o măsură cu atît mai hotărîtoare, cu cît se apelează mai mult la surse neconvenţionale de energie. Astfel, în lucrarea prezentată de tovarăşa prof. Suzana Gâdea se examinează unele tehnologii noi din domeniul energeticii, cum sînt producerea hidrogenului din apă, bateriile de mare putere pentru stocarea energiei, conversia magnetohidrodinamică a energiei termice în energie electrică, gazeificarea şi lichefacţia cărbunelui, toate acestea urmînd să arate măsura în care aplicarea industrială a acestor tehnologii de vîrf este condiţionată de disponibilitatea de materiale adecvate.

În programul sesiunii, de asemenea, se regăsesc preocupări mereu actuale din domeniul metalurgiei pulberilor la Cluj-Napoca, prin lucrarea efectuată sub conducerea prof. Ion Drăgan şi prof. Victor Constantinescu privind unele aspecte deosebit de importante ale sinterizării pulberilor de fier, cercetările de la Iaşi din domeniul tratamentelor termice, prezentate de colectivul condus de prof. Gheorghe Ailincăi şi şef lucrări Ion Alexandru, cu privire la influenţa pozitivă a tratamentelor termice în cîmp ultrasonor, ce conduce la creşterea proprietăţilor fizico-mecanice, reducerea consumului de materii prime şi materiale şi reducerea consumului de energie, o dată cu micşorarea simţitoare a cantităţilor de austenită reziduală din oţelurile examinate.

Cercetări bogate şi amplu examinate din domeniul metalurgiei extractive, au rezultat din lucrările conduse de colectivul prof. Oprea Florea

de la Galați, cu privire la eficiența utilizării Al și Si în procedeele de dezoxidare, prof. Nicolae Petrescu și prof. Maria Petrescu de la Institutul Politehnic București, cu privire la îmbunătățirea condițiilor de funcționare a furnalului I.S.P. de la Copșa Mică, colectivul conf. Viorel Pop de la Baia Mare în problema conducerii optimale a procesului de convertizare a matelor cuproase în vederea reducerii consumului de materii prime, materiale și energie, cercetările din domeniul aliajelor neferoase prin lucrările conduse de prof. M. Ienciu de la I. P. București, cu privire la găsirea unor soluții de valorificare a deșeurilor de titan și a aliajelor de titan pentru industria aeronautică; de asemenea, merită de subliniate lucrările prezentate de colectivul condus de prof. Șontea Sever de la Universitatea din Craiova cu privire la obținerea unor lagăre cu alunecare din materiale carbonice densificate cu metale, utilizate în industria textilă, pentru evitarea importului, lucrările conduse de colectivul prof. Iosif Tripșa de la I. P. București privind elaborarea superaliajelor pe bază de cobalt cu rezistențe înalte la coroziune și la uzură, cercetările privind structura materialelor metalice în corelație cu proprietățile fizice, mecanice sau tehnologice prin lucrările conduse de prof. Mihai Teodorescu de la Universitatea din Galați, Doina Drăgulescu de la Institutul Politehnic Timișoara, dr. ing. Rizescu Cornel, directorul general al I.C.E.M., dr. ing. Dragoș Cioclov, directorul I.S.I.M. Timișoara, conf. C. Dumitrescu de la I. P. București, precum și lucrările deosebit de importante asupra materialelor cărbunoase și combustibili, cum este lucrarea asupra electrozilor carbonici, condusă de prof. Iulian Oprescu de la I. P. București și lucrarea cu privire la extinderea bazei de combustibili în siderurgie efectuată de colectivul ing. Fl. Strugari de la Combinatul Siderurgic Galați.

În toate lucrările se regăsește ideea de a răspunde cu înaltă profesionalitate și competență la cerințele economiei noastre, la cerințele dezvoltării metalurgiei, pentru trecerea la o nouă calitate și la o eficiență sporită.

21
A X-a Conferință Națională de Turnătorie

Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor
Secția de sectoare calde — Comisia de turnătorie

Dr. ing. *Constantin Cosneanu*
ICSITPSCM

În zilele de 28—29 mai 1987 s-au desfășurat la Reșița — Institutul de Subingineri, lucrările celei de-a X-a Conferințe Naționale de Turnătorie cu tema „Calitate și eficiență în fabricația de piese turnate", organizată de Comisia de turnătorie din cadrul CNIT în colaborare cu CIT Județul Caraș-Severin, ICM Reșița, CS Reșița, Institutul de Subingineri Reșița și ICSITPSCM București.

Conferința a avut scopul dezbaterii la nivelul specialiștilor din producție—cercetare—proiectare și învățămînt a principalelor probleme legate de reducerea consumurilor de energie, materii prime și materiale, care să permită creșterea calității și eficienței economice în industria de turnătorie din țara noastră.

Lucrările conferinței s-au axat în cadrul ședinței plenare pe prezentarea unor lucrări de sinteză care au analizat orientările și perspectivele la nivel mondial privind elaborarea și turnarea aliajelor (prof. dr. ing. L. Sofroni), dezvoltările din domeniul materiilor prime și auxiliare (dr. ing. C-tin Cosneanu), echipamente și instalații utilizate în turnătorie (ing. S. Chioreanu), precum și principalele probleme legate de importanta acțiune de modernizare a turnătoriilor din R. S. România (ing. M. Tudosie).

Aceste lucrări au permis sublinierea concepțiilor, direcțiilor și impactului cercetării științifice, dezvoltării tehnologice și introducerii progresului tehnic în turnătorie pînă în anii 2000—2010.

Conferința și-a continuat lucrările pe patru secțiuni, în care au fost prezentate în total 82 de comunicări tehnico-științifice.

În cadrul secțiunii I — *Elaborarea aliajelor și tratamente în stare lichidă* au fost prezentate și supuse discuției cîteva lucrări de o deosebită importanță și care s-au referit la unele aspecte privitoare la elaborarea oțelurilor cu puritate ridicată (prof. dr. ing. Gh. Zirbo), studiul solidificării lingourilor de oțel (ing. A. Dijmărescu) și a gradului de impurificare a acestora (fiz. V. Păsărică), punctul Sirovici și influența sa asupra variației proprietăților fierului și aliajelor sale (prof. dr. ing. T. Dumitrescu).

O altă grupă de lucrări de mare importanță tehnico-economică s-au referit la noi posibilități de producere a fontei de înaltă puritate în turnătorii (prof. dr. doc. șt. ing. I. Tripșa), producerea fontelor de înaltă puritate prin procedeul duplex furnal—convertizor (prof. dr. ing. T. Dumitrescu ș.a.), desulfurarea și modificarea fontelor în flux continuu (ing.

C. Kapuși), studiul morfologiei tridimensionale a grafitului din fonte cu ajutorul microscopului electronic cu baleiaj (ing. Z. Tibori) ș.a.

În secțiunea a II-a — *Tehnologii de turnare* au fost prezentate mai multe lucrări cu o deosebită importanță tehnico-economică, care s-au referit la turnarea rotoarelor pentru turbina Francis din oțel marca T09CuMoNiCr185-Ti destinată exportului (prof. dr. ing. M. Vida, ing. Gh. Bogdan), turnarea centrifugă a cuzineților bi și trimetalici (ing. F. Delfi, ing. P. Voin), piese mari turnate din fonte cu grafit nodular cu proprietăți speciale (ing. V. Decean și ing. A. Mitrofan), turnarea centrifugă a microrotoarelor tip Pelton destinate acționării ventilatoarelor de navă (prof. dr. ing. M. Vida și ing. Gh. Bogdan), fabricarea prin turnare a blindajelor periferice penntru morile tubulare (dr. ing. Gh. Albița), turnarea roților dințate din fonte cu grafit nodular cu structură bainitică (dr. ing. C. Dumitrescu, ing. L. Gavrilă), ș.a.

În cadrul secțiunii a III-a — *Procedee de formare materiale auxiliare pentru turnătorie* s-au prezentat mai multe probleme care pot fi grupate în două teme distincte: prima se referă la procedee de îmbunătățire a calității pieselor turnate, iar cea de-a doua la procedee moderne de formare-miezuire. Din prima grupă se apreciază ca deosebit de importante temele care se referă la influența schimbului de căldură în timpul curgerii aliajului asupra defectelor de suprafață la piesele mari turnate din aliaje feroase (dr. ing. C. Bratu), tratamente fizico-chimice aplicate pe suprafața formelor și miezurilor în vederea îmbunătățirii calității pieselor turnate din fontă (ing. I. Mărginean și ing. S. Cocolaș), folosirea în turnătorie a noilor tipuri de bentonită condiționate cu adaosuri carbonice (chim. N. Katona ș.a.), bentonite organofilizate folosite ca antideponenți la prepararea vopselelor pentru turnătorie (ing. A. Pitariu ș.a.), posibilități de utilizare în turnătorie a argilei de Șuncuiuș (chim. S. Vronai și dr. ing. V. Iga), folosirea modelelor gazeificabile la obținerea pieselor turnate (ing. I. Mărginean și dr. ing. C. Bratu), vopsele de protecție a lingotierelor (chim. V. Pîrvu și dr. ing. C-tin Cosneanu), îmbunătățirea calității suprafeței pieselor turnate din oțel prin utilizarea vopselelor de impregnare termo-refractare (ing. S. Cocolaș și dr. ing. C. Bratu), influența prelungirii canalului de distribuție asupra reținerii incluziunilor nemetalice în rețelele de turnare (dr. ing. I. Ciobanu) ș.a.

Din cea de-a doua grupă tematică este utilă sublinierea următoarelor lucrări prezentate: folosirea rășinilor alchidice la realizarea amestecurilor de formare cu autoîntărire la rece (ing. F. Drăgoi, ing. T. Alexandru), utilizarea silicatului de potasiu în turnătorie (ing. I. Chiricuță, ing. E. Țigănilă), îmbunătățirea procedeului de fabricare a miezurilor pe bază de silicat de sodiu (ing. N. Filip, fiz. Ș. Crăciun, dr. chim. E. Cohn), reducerea consumului de energie la fabricarea miezurilor în cutii calde (dr. ing. G. Albița și ing. L. Tudor) și mase refractare acide pentru ștamparea creuzetelor cuptoarelor electrice cu inducție (ing. N. Inoan).

În secțiunea a IV-a — *Mașini, utilaje și instalații folosite în turnătorie* au fost prezentate o gamă cuprinzătoare de teme, dintre care subliniem cîteva care prezintă o importanță deosebită, și anume: alegerea roboților și manipulatoarelor pentru procesele tehnologice din turnătorie (ing. N. Miu și ing. T. Sîrb), mecanizarea și automatizarea în turnătorie (prof. dr. ing. V. Zubac), regenerarea termomecanică a nisipurilor uzate

Scanned with OKEN Scanner

din turnătorie (ing. O. Belzo ş.a.); conducerea cu ajutorul calculatorului a procesului de preparare a amestecurilor de formare (prof. dr. ing. G. Zirbo), utilaje pentru turnarea continuă a barelor din fontă (prof. dr. ing. Gh. Zirbo şi ing. V. Soporan), perfecţionări constructive ale cubilourilor (dr. ing. I. Riposan), instalaţie de turnare centrifugă a pieselor cilindrice mari cu mase cuprinse în limitele (10—60 t/buc) (ing. C. Lascăr ş.a.), folosirea în turnătorie a tehnicii vibrării (ing. C. Cămui ş.a.), instalaţie de realizare a bucşelor bimetalice bronz pe suport din oţel (ing. I. Andrei ş.a.), reducerea poluării cu pulberi silicogene în turnătorie (dr. R. Tripşa ş.a.).

La cea de-a X-a Conferinţă Naţională de turnătorie au participat 525 specialişti reprezentînd 85 de întreprinderi şi instituţii de proiectare-cercetare, învăţămînt şi instituţii de sinteză. Prin discuţiile purtate la un nivel tehnico-ştiinţific ridicat, prin expoziţia de piese turnate realizate la ICM Reşiţa precum şi vizita efectuată de participanţi în turnătoriile Mociur şi hala Diesel ICMR, apreciem că această întîlnire s-a ridicat la cel mai înalt nivel organizatoric, efectuîndu-se un util schimb de experienţă, pe o paletă cuprinzătoare de probleme ce preocupă specialiştii din industria de turnătorie.

22

SIMPOZIONUL

Tendinţe şi realizări în prelucrări prin metode neconvenţionale în construcţia de maşini

Ing. *Nicolae Dimitriu*
Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, ICTCM

Organizată de ICTCM sub egida CNST, această manifestare tehnico-ştiinţifică a avut ca scop facilitarea unui nou schimb de informaţii între specialiştii din cercetare-învăţămînt-producţie în domeniul prelucrărilor neconvenţionale, înscriindu-se printre multiplele modalităţi de promovare a noilor tehnologii şi utilaje, în cadrul amplului program de modernizare a activităţii industriale.

Desfăşurîndu-se pe parcursul unei singure zile, 28 mai 1987, simpozionul a avut un program dens, accentul punîndu-se în special pe discuţiile la obiect din finalul referatelor, precum şi cele purtate la „masa rotundă" organizată în încheiere.

Semnificativă ca structură, participarea a numeroşi specialişti din unităţile de cercetare (ICTCM, IPA, IFTAR), învăţămînt (Institutul Politehnic Timişoara, Institutul de Învăţămînt Superior Sibiu, Institutul Politehnic Bucureşti) şi industrie (Întreprinderile 23 August, Autobuzul, Autocamioane — Braşov etc.) a permis un transfer util de informaţii, punînd de acord cerinţele întreprinderilor cu problemele incluse în programele de cercetare.

Simpozionul a fost deschis de tov. Director adj. Ştiinţific al ICTCM dr. ing. I. Roman care, în cuvîntul de deschidere, a arătat importanţa promovării cu rapiditate a noilor utilaje şi tehnologii în industrie, în cadrul programului de modernizare, şi sprijinul acordat de CNST şi MICM în vederea realizării acestei sarcini. În continuare, o interesantă pledoarie a fost prezentată de tov. prof. dr. ing. D. Drimer de la Inst. Politehnic Bucureşti pentru extinderea domeniului de cercetare cu noi metode şi tehnologii neconvenţionale mai economice, mai eficiente. Sintetizînd o serie de aspecte legate de promovarea noilor tehnologii şi utilaje, preşedinta Consiliului Ştiinţific al ICTCM, tovarăşa ing. R. Dimitriu a relevat că întreaga activitate de cercetare se desfăşoară pe linia trasată de secretarul general al partidului, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, cu sprijinul şi sub îndrumarea CNSI, a tovarăşei academician doctor inginer Elena Ceauşescu.

În plen a fost prezentat de către șeful compartimentului de specialitate, ing. E. Popa, primul referat intitulat „Aspecte ale extinderii utilizării tehnologiilor neconvenționale de prelucrare", avînd ca autori pe dr. ing. I. Roman, dr. ing. C. Manițiu, ing. I. Gogoașă, ing. E. Popa, în care se trece în revistă stadiul realizărilor din programul coordonat în domeniul prelucrărilor neconvenționale.

De o deosebită apreciere a participanților s-a bucurat filmul „Realizările ICTCM în domeniul prelucrărilor neconvenționale".

În continuare, simpozionul s-a desfășurat în două secțiuni, „prelucrări prin electroeroziune" și „prelucrări electrochimice, termice, cu laser și cu alte metode neconvenționale".

În cadrul primei secțiuni, o serie de referate au suscitat un interes deosebit, printre acestea fiind: „Cercetări în domeniul creării primului centru de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv în țara noastră" (autori: ing. N. Fânaru ș.a. de la ICTCM), „Contribuții la evaluarea numerică a efectelor erozive elementare în procesul de prelucrare prin eroziune electrică (autor: dr. ing. E. Dragomir, de la Institutul Politehnic Timișoara), „Sistem electrohidraulic pentru control automat al avansului la prelucrarea prin electroeroziune cu ruperi de contact" (autori: dr. ing. D. Nanu ș.a. de la Institutul de Învățămînt Superior Sibiu), „Cercetări privind dezvoltarea procedeului de prelucrare prin electroeroziune cu electrod filiform (autori: ing. N. Dimitriu ș.a.).

În secțiunea a II-a au fost prezentate referate din mai multe domenii, printre cele mai interesante fiind: „Aspecte privind procedeul de debavurare termică (autori: ing. E. Popa ș.a. de la ICTCM), „Căi de creștere a productivității la debavurarea electrochimică (autori: ing. E. Bărbuță și ing. G. Orășanu de la ICTCM), „Cercetări privind extinderea posibilităților de aplicare a procedeului de prelucrare electrohidraulică în construcția de mașini (autor ing. B. Merfea de la Universitatea Brașov), „Tehnologie de prelucrare conturată și debitare de precizie cu laser (autori: ing. R. Crișan ș.a. de la ICTCM și C. Axinte ș.a. de la IFTAR).

Discuțiile pe marginea referatelor au vizat atît cunoașterea mai amănunțită a problemelor abordate, cît mai ales rezultatele experimentale și modul de aplicare și extindere în industrie.

De altfel, „masa rotundă" organizată în final a avut ca subiect tocmai modalitățile de implementare și generalizare rapidă a rezultatelor cercetărilor în domeniul tehnologiilor neconvenționale în industrie. Din numeroasele luări de cuvînt mai interesantă a fost cea a tov. ing. M. Luca de la Întreprinderea de „Autocamioane" Brașov care, prin exemple concrete, a arătat necesitatea corelării mai bune între problemele stringente ale întreprinderilor și tematica programelor de cercetare. A fost relevat faptul că, pentru atingerea nivelelor de competitivitate pe plan mondial, este necesară dezvoltarea intensivă și extensivă a cercetării tehnologice aplicative, cooperarea mai strînsă între specialiștii din cercetare și producție.

În încheierea lucrărilor s-a apreciat problematica importantă a activităților actuale de cercetare, reflectată prin conținutul referatelor susținute, utilitatea discuțiilor pe secțiuni, subliniindu-se eficiența unor astfel de întîlniri între specialiști.

Scanned with OKEN Scanner

23

Din Programul manifestărilor tehnico-ştiinţifice interne ale anului 1987

Manifestări prevăzute a fi organizate de unităţi de cercetare ştiinţifică şi inginerie tehnologică în domeniile:

Nr. crt.	Denumirea manifestării	Data şi locul desfăşurării	Instituţii organizatoare/colaboratoare
		METALURGIE	
1	Sesiune tehnico-ştiinţifică cu tema: „Tehnologii moderne de acoperiri metalice ale produselor metalurgice"	oct. Galaţi	Institutul de Cercetări şi Proiectări pentru Produse Plate şi Acoperiri Metalice, Magistrala CSG nr. 2, cod 6200, Galaţi
2	Simpozion cu tema: „Tehnologii şi utilaje noi şi modernizate de laminare"	mai Bucureşti	Institutul pentru Proiectări de Secţii şi Uzine de Laminare, str. Negustori nr. 23—25, sector 2, cod. 70083, Bucureşti
3	Simpozion cu tema: „Îmbunătăţirea calităţii laminatelor pline din oţel, destinate fabricaţiei ţevilor, organelor de asamblare şi rulmenţilor"	iun. Hunedoara	Centrul de Cercetări şi Proiectări de Fabricaţie pentru Produse Siderurgice, Hunedoara; Combinatul Siderurgic Hunedoara, str. Dr. Petru Groza nr. 8, cod 2750, Hunedoara
4	Simpozion cu tema: „Procedee şi metode de valorificare a resurselor energetice refolosibile cu potenţial energetic ridicat şi scăzut"	oct. Hunedoara	Institutul pentru Proiectare de Secţii şi Uzine Metalurgice, Bd. Constructorilor nr. 20, sector 6, cod 79649, Bucureşti; Combinatul Siderurgic Hunedoara, str. Dr. Petru Groza nr. 8, cod 2750, Hunedoara
		CONSTRUCŢII DE MAŞINI	
1	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Tendinţe şi realizări în prelucrarea prin metode neconvenţionale în construcţia de maşini; recondiţionarea pieselor şi subansamblelor"	mai Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, Şos. Olteniţei nr. 105, sector 4, cod 79675, Bucureşti; Institutul de Subingineri, Bacău, Calea Mărăşeşti nr. 157, cod 5500, Bacău

Nr. crt.	Denumirea manifestării	Data și locul desfășurării	Instituții organizatoare/colaboratoare
2	Consfătuire cu tema: „Tehnologii și utilaje pentru asigurarea fiabilității și calității produselor în domeniul construcției de mașini"	nov. București	Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcțiilor de Mașini, Șos. Olteniței nr. 103, sector 4, cod 79675, București
3	Sesiune științifică „AVIA '87" privind creșterea fiabilității și calității produselor aeronautice	nov. București	Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Aviație, Bd. Păcii nr. 220, sector 6, cod 77619, București
4	Sesiune științifică cu tema: „Noua calitate a tractorului românesc"	oct. Brașov	Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tractoare, str. 13 Decembrie nr. 94, cod 2200, Brașov
5	Sesiune științifică cu tema: „Utilizarea combustibililor neconvenționali la autovehicule românești"	oct. Brașov	Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Autovehicule, str. Poenilor nr. 5, cod. 2200, Brașov
6	Consfătuire cu tema: „Noutăți și perspective în construcția de combine pentru recoltatul cerealelor păioase"	iun. București	Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini și Utilaje Agricole, Bd. Ion Ionescu de la Brad nr. 6, sector 1, cod 71592, București
7	Sesiune științifică cu tema: „Economicitatea, securitatea și fiabilitatea automobilelor" (ESFA)	oct. Pitești	Institutul Politehnic București, Spl. Independenței nr. 313, sector 6, cod 77748, București; Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Autoturisme Pitești, str. Industriei nr. 1, cod 0300, Colibași — Pitești; Institutul de Subingineri Pitești, str. Doaga nr. 11, cod 0300, Pitești
8	A II-a Conferință privind dispozitivele de prelucrare, control și asamblare	nov. București	Institutul Politehnic București, Spl. Independenței nr. 313, sector 6, cod 77748, București
9	A doua conferință de tehnologii și echipamente noi în construcția de mașini	mai Craiova	Universitatea Craiova, str. Al. I. Cuza nr. 12, cod 1100, Craiova; Universitatea Brașov, Bd. Gh. Gheorghiu-Dej nr. 29, cod 2200, Universitatea Galați, Bd. Republicii nr. 47, cod 6200, Galați
10	Sesiune științifică cu tema: „Tendințe și noutăți în domeniul motoarelor termice"	oct. București	Institutul Politehnic București, Spl. Independenței nr. 313, sector 6, cod 77748, București; Institutul Național de Motoare Termice, Bd. Păcii nr. 246, sector 6, cod 79643, București

Scanned with OKEN Scanner

Nr. crt.	Denumirea manifestării	Data şi locul desfăşurării	Instituţii organizatoare/colaboratoare
	INDUSTRIA DE UTILAJ GREU		
1	A X-a Conferinţă de turnătorie cu tema: „Calitate şi eficienţă în fabricaţia de piese turnate"	mai Reşiţa	Institutul de Cercetare Ştiinţifică, Inginerie Tehnologică şi Proiectare pentru Sectoare Calde şi Metalurgie, Şos. Olteniţei nr. 105, sector 4, cod 79670, Bucureşti
2	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Echipamente energetice cu performanţe ridicate"	mai Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică, Inginerie Tehnologică şi Proiectare pentru Echipamente Energetice, Şos. Berceni nr. 104, sector 4, cod 70632, Bucureşti
3	Consfătuire cu tema: „Calitatea şi fiabilitatea echipamentelor energetice pentru hidrocentrale"	sep. Reşiţa	Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Echipamente Hidroenergetice, Calea Caransebeş nr. 13, cod 1700, Reşiţa
4	Simpozion cu tema: „Tendinţe privind tehnologiile de execuţie şi calitatea cilindrilor de laminor"	oct. Iaşi	Centrul de Cercetare Ştiinţifică, Inginerie Tehnologică pentru Utilaj Metalurgic şi Prese, str. Ilie Pintilie nr. 24, cod 6600, Iaşi
5	A VII-a Conferinţă de sudură şi încercări de metale	sep. Timişoara	Institutul Politehnic Timişoara, Bd. 30 Decembrie nr. 2, cod 1900, Timişoara; Institutul de Sudură şi Încercări de Materiale, Bd. Mihai Viteazu nr. 30, cod 1900, Timişoara
6	Simpozion cu tema: „Aplicaţii ale tensometriei în perfecţionarea utilajului petrolier"	oct. Ploieşti	Institutul Petrol şi Gaze Ploieşti, Bd. Bucureşti nr. 39, cod 2000, Ploieşti
	ELECTROTEHNICĂ, ELECTRONICĂ, MAŞINI-UNELTE ŞI MECANICĂ FINĂ		
1	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Creşterea contribuţiei tehnicii de calcul şi informaticii la dezvoltarea economico-socială"	sep. Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul şi Informatică, Bd. Miciurin nr. 8—10, sector 1, cod 71316, Bucureşti
2	Conferinţă cu tema: „Echipamente noi de testare automată şi diagnosticarea sistemelor"	oct. Cluj-Napoca	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Automatizări, Calea Floreasca nr. 167, sector 1, cod 72321, Bucureşti
3	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Realizări şi tendinţe în domeniul electronicii profesionale"	sep. Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Electronică, Calea Floreasca nr. 169, sector 1, cod 79674, Bucureşti
4	A X-a Conferinţă de semiconductoare — componente electronice profesionale competitive	oct. Timişul de Sus	Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice, str. Erou Iancu Nicolae nr. 32 B, sector 2, cod 72996, Bucureşti

Nr. crt.	Denumirea manifestării	Data şi locul desfăşurării	Instituţii organizatoare/colaboratoare
5	Simpozion cu tema: „Creaţia de produse, tehnologii, dispozitive şi utilaje din domeniul articolelor casnice de uz gospodăresc şi jucăriilor"	dec. București	Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Articole Casnice, str Sandu Cluceru nr. 2, sector 3, cod 73516, Bucureşti; Centrala Industrială Mecanică şi Articole Casnice, str. Fîntînica nr. 38, sector 2, cod 73361, Bucureşti
6	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Echipamente electrice noi de curenţi tari şi de tracţiune"	nov. Craiova	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Motoare şi Transformatoare de Aparataj Electric, Calea Bucureşti nr. 244, cod 1100, Craiova; Întreprinderea „Electroputere" Craiova, Calea Bucureşti nr. 44, cod 1100, Craiova
7	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Automatizare, robotizare şi electronizarea în construcţia de maşini pentru industria uşoară"	iun. Bucureşti	Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică de Maşini pentru Industria Uşoară, str. Fecioarei nr. 13, sector 2, cod 75931, Bucureşti
8	Simpozion cu tema: „Materiale şi sisteme de izolaţie de clase superioare pentru maşini electrice cu performanţe înalte"	mai Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică, Bd. T. Vladimirescu nr. 45—47, sector 5, cod 79623, Bucureşti
9	Simpozion cu tema: „Tehnici noi pentru controlul nedistructiv al materialelor şi al echipamentelor pentru centrale nuclearo-electrice"	iun. Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică, Bd. T. Vladimirescu nr. 45—47, sector 5, cod 79623, Bucureşti
10	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Telecomunicaţii '87"	mai Bucureşti	Centrul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Echipamente de Telecomunicaţii, Calea Rahovei nr. 266—268, sector 5, cod 76402, Bucureşti; Întreprinderea Electromagnetica, Calea Rahovei, nr. 266, sector 5, cod 78761, Bucureşti
11	Conferinţă cu tema: „Acţionări hidraulice şi pneumatice de mare performanţă"	sep. Bucureşti	Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Mecanică Fină şi Scule, Şos. Pantelimon nr. 10—16, sector 2, cod 73391, Bucureşti; Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod 77748, Bucureşti
12	Simpozion cu tema: „Tehnologii de mare productivitate în construcţia de maşini-unelte"	mai Arad	Centrala Industrială de Maşini-Unelte, Bd. Muncii, nr. 250, sector 3, cod 78011, Bucureşti; Întreprinderea de Maşini-Unelte Arad, Calea Victoriei nr. 35—41, cod 2900, Arad

Nr. crt.	Denumirea manifestării	Data şi locul desfăşurării	Instituţii organizatoare/colaboratoare
13	Simpozion cu tema: „Aplicaţii ale tehnicii microundelor"	nov. Bucureşti	Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod 77748, Bucureşti; Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Electronică, Calea Floreasca nr. 169, sector 1, cod 79674, Bucureşti
14	Al VII-lea Simpozion privind roboţii industriali — realizări şi tendinţe	oct. Bucureşti	Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod. 77748, Bucureşti
15	Sesiune ştiinţifică cu tema: „Optimizarea echipamentelor electrice şi electronice pentru acţionări, automatizări şi tehnică de calcul"	iun. Braşov	Universitatea Braşov, Bd. Gh. Gheorghiu-Dej nr. 29, cod 2200 Braşov; Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Automatizări, Calea Floreasca nr. 167, sector 1, cod 72321, Bucureşti
16	Al III-lea Simpozion de tehnologie electronică şi fiabilitate	oct. Herculane	Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod 77748, Bucureşti; Institutul Politehnic Timişoara, Bd. 30 Decembrie nr. 2, cod 1900, Timişoara
17	Al VIII-lea Simpozion de microprocesoare, microcalculatoare şi aplicaţii	nov. Bucureşti	Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod 77748, Bucureşti; Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Tehnica de Calcul şi Informatică, Bd. Miciurin nr. 8—10, sector 1, cod 71316, Bucureşti
18	Simpozion de maşini electrice şi convertoare statice — „SIEMCS" '87"	nov. Bucureşti	Institutul Politehnic Bucureşti, Spl. Independenţei nr. 313, sector 6, cod 77748, Bucureşti; Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică, pentru Electrotehnică, Bd. T. Vladimirescu nr. 45—47, sector 5, cod 79623, Bucureşti
19	Simpozion cu tema: „Structuri, algoritmi şi dispozitive de conducere a proceselor industriale"	oct. Iaşi	Institutul Politehnic Iaşi, Calea 23 August nr. 22, cod 6600, Iaşi

24

Scurte informații tehnice

• **Turnătoria anului 1999.** Turnătoria anului 1999, prevăzută în urmă cu 10 ani, se va caracteriza prin: refolosirea totală a nisipului din amestecuri și a apei; micșorarea numărului de turnătorii (deci concentrarea producției de piese turnate); folosirea unei diversități mari de componente metalice pentru încărcătură, cu conținuturi diferite de impurități (inclusiv și metalele din oceane); folosirea preîncălzirii încărcăturii, ca etapă pregătitoare obligatorie a elaborării șarjei; automatizarea operației de elaborare a aliajelor; folosirea sistemelor perfecționate de cîntărire a încărcăturii și de măsurare a temperaturii aliajului, precum și de determinare a compoziției lor chimice; utilizarea procedeelor mecanizate de îndesare a amestecurilor (forme temporare, forme semitemporare); utilizarea cu precădere a formelor permanente (v. tendința de utilizare a formelor din mase plastice termorezistente); utilizarea liniilor automatizate în cazul procedeelor speciale de turnare-formare (cu modele fuzibile, cu forme coji); micșorarea consumului de amestec de formare pentru 1 t de piese bune; în prezent sînt folosite 8—12 t amestec/t piesă, pentru îndesarea cărora sînt utilizate mașini grele, complexe, consumatoare de energie și investiții; înlocuirea procedeelor mecanice de formare prin procedee chimice (electroforeză) și mai ales fizice (forme vidate, forme magnetice); schimbarea rapidă a modelelor în timpul ciclului de producție; mecanizarea și automatizarea producției de serie mică; mecanizarea producției cu nomenclatură largă; răcirea dirijată a piesei în formă; controlul automat nedistructiv al pieselor turnate; automatizarea operațiilor de curățire a pieselor turnate; simplificarea sistemului de transport.

• **Producția de piese turnate.**

Importul de piese turnate al S.U.A. este de circa 40% din totalul de piese turnate utilizate. Țările din care importă: Japonia, R.F.G., Franța, Mexic, Brazilia etc. Costul pieselor importate este cu circa 28% mai mic decît al celor corespondente realizate în S.U.A., cauza fiind cheltuielile mai mici pentru manoperă în țările din care se importă și dorința de protejare a mediului înconjurător.

Rebutul în turnătoriile din Japonia nu este mai mare de cîteva zecimi de procente; de ex. rebutul cauzat de instabilitatea dimensiunilor pieselor turnate este cu 1/3 . . . 1/2 mai mic decît în S.U.A. Productivitatea în industria de automobile din Japonia (în condițiile apariției defectelor

Scanned with OKEN Scanner

în proporție mai mică) este cu 50% mai mare, cheltuielile pentru forța de muncă reprezintă numai 60%, iar numărul personalului de conducere numai 25 . . . 50% față de aceeași indicatori de la întreprinderile corespunzătoare din S.U.A. Flexibilitatea producției în Japonia este de asemenea mai mare. Numărul de ingineri cu diplomă este de 120 000 persoane pe an (de două ori mai mare decît în S.U.A.).

În Japonia se utilizează pe scară mai mare *controlul* statistic al calității producției, precum și sistemul organizării producției pe baza principiului „fix la timp". Se dezvoltă folosirea calculatoarelor, roboților și manipulatoarelor; se utilizează un ritm precis de ridicare a calificării personalului.

Producția de piese turnate în Japonia a fost în anul 1983 de 6 834 000 t; industria de automobile a consumat în anul 1984 circa 41% din totalul de piese turnate (48% din piesele de Fc; 82,6% din piesele din aliaje neferoase ușoare; 36,2% din piesele din Fm).

Durata de schimbare a formelor de turnare la mașinile de TPI este în Japonia de numai 15 . . . 20 min.

Cheltuielile pentru încărcătură reprezintă circa 77% din totalul cheltuielilor pentru elaborarea oțelului în cuptoare electrice cu arc, pentru energia electrică 10%, pentru electrozi 8%, pentru materiale refractare 2%, pentru manoperă 3%.

• **Procedeu de turnare a pieselor metalice** a fost elaborat de Biroul Minelor din S.U.A. Mai întîi se execută un model din polistiren, pe care se aplică un strat dintr-un material rezistent la uzură ca ferocromul, după care modelul este introdus în forma de nisip. Metalul turnat în formă topește modelul de plastic și-i ia locul, stratul superficial al piesei turnate fiind aproape la fel de rezistent la uzură ca și ferocromul însuși. (Materials Reclamation Weekly, Marea Britanie, nr. 23, oct. 1985)

• **Procedeu de formare prin implozie a pulberilor metalice.** Procedeul, derivat din formarea prin explozie, a fost dezvoltat întrucît procedeele curente de sinterizare nu puteau fi aplicate pulberilor amorfe, acestea pierzîndu-și caracteristicile datorită depășirii temperaturii de cristalizare.

Pulberea preformată este introdusă într-o incintă de oțel iar la partea superioară a acesteia se provoacă o explozie, al cărei șoc duce la realizarea formei piesei. Ca aplicații potențiale ale procedeului se menționează formarea materialelor cu permeabilitate magnetică mare, pentru industria electrotehnică, precum și fabricarea pieselor în componența cărora intră materiale atît în stare amorfă, cît și neamorfă (wolfram, superaliaje pe bază de nichel cu alumină, carbură de titan, nitrură de bor etc.). (L'Usine Nouvelle, Franța, nr. 39, sep. 1985).

• **Strung cu precizie foarte înaltă.** Un strung cu comandă numerică asistată de calculator (destinat prelucrării pieselor pentru aparate optice și calculatoare, avînd arborele principal cu lagăr hidrostatic, care poate obține o precizie de prelucrare de 0,1 microni, prin folosirea unor perne de aer, pe care se reazemă strungul în trei puncte, și prin izolarea motorului arborelui principal, pentru a obține un nivel de vibrație foarte scăzut, a fost realizat de firma Ysugami Corporation.

Temperatura lubrifiantului lagărului cît și a lichidului pentru răcire și ungere pot fi reglate cu o precizie de 0,1°C. (The Japan Industrial and Technological Bulletin, nr. 10, ian. 1985).

• **Cap portsculă pentru găurirea de precizie.** Scula, caracterizată prin precizie și fiabilitate, poate fi corectată în diametru cu ajutorul unei chei de ajustare, în plus sau minus. O jumătate de rotație a cheii de ajustare modifică raza de găurire a cuțitului cu 0,01 mm.

Capul portburghiu are dispozitiv de prindere ce poate fi adaptat la toate mașinile de găurire cît și la toate dispozitivele de schimbare a sculelor. (Industrie Anzeiger, R. F. Germania, 107, nr. 48, iun. 1985, p. 38).

• **Utilizarea laserului la acoperirea metalelor cu materiale ceramice.** Procedeul cu plasmă de argon utilizat pînă acum la acoperirea metalelor cu materiale ceramice nu a dat satisfacție deplină.

Prin utilizarea laserului, dificultățile de reglare a vitezei și temperaturii procesului de acoperire au fost depășite, îmbunătățindu-se totodată aderența stratului de material ceramic la suprafața metalului. (Technocrat, Japonia, nr. 7, iul. 1984).

• **Analizor nedistructiv pentru acoperiri metalice.** Sistemul „COAT 95", realizat de firma Philips, se bazează pe analiza dispersiei energiei emisiilor de raze Roentgen excitate.

Conectat la calculatorul electronic, cu ajutorul unui pachet de programe „COAT 95" poate analiza în cîteva minute informații atît despre compoziția acoperirilor cît și despre grosimea acestora.

Procedeul de analiză, complet nedistructiv, acoperă o paletă largă de compoziții, de la sodiu la uraniu, pentru grosimi de ordinul angstromilor și micronilor. (Wire Industry, Marea Britanie, 52, nr. 3, mar. 1985).

• **Detectarea fisurilor din materialele ceramice cu ajutorul laserului.** Echipamentul folosește principiul spectroscopiei fotosonore. Cînd un fascicul laser este radiat intermitent pe suprafața unui corp ceramic, partea iradiată este încălzită rapid iar unda de șoc este dispersată pe suprafața corpului. Dacă pe suprafață sau în apropiere se găsesc fisuri, existența lor este semnalată prin modul de dispersie a undei de șoc. Se pot detecta fisuri cu dimensiuni pînă la 30 microni. (Tehnocrat, nr. 2, feb. 1985).

• **Casca de protecție pentru sudori.** Realizată de firma „Unisafe", casca dispune de trei celule fotoelectrice pentru comanda filtrului de protecție care, într-o sutime de secundă, acoperă fereastra căștii la treapta de protecție necesară. Atît înainte, cît și în timpul sudării, sudorul poate să privească nestînjenit prin fereastră, protecția împotriva radiațiilor ultraviolete și infraroșii fiind asigurată și cînd filtrul este luminos.

Se exclude orbirea sudorului datorită unei lumini instantanee prea puternice.

Avînd ambele mîini libere, sudorul se poate concentra complet asupra sudării. (Techno-Tip, R. F. Germania, 15, nr. 12, dec. 1985).

25

Lucrări editate în R. S. România în anii 1985-1987

I. Tehnologii de fabricație și de recondiționare

TCMM 1

Tehnologii. Calitate. Mașini. Materiale
372 p., 32 lei, 1987, Ed. Tehnică

România și transferul internațional de tehnologie
160 p., 8,75 lei, 1985, Ed. Științifică și Enciclopedică

Sălăgean, Tr.
Tehnologia procedeelor de sudare cu arc
195 p., 10,50 lei, 1985, Ed. Tehnică

Ștefănescu, Cl., ș.a.
Îndrumătorul proiectantului de tehnologii în turnătorii
Vol. I, 648 p., 47 lei, 1985, Ed. Tehnică
Vol. II, 424 p., 39 lei, 1986, Ed. Tehnică

Marinescu, N., ș.a.
Tehnologii de prelucrare a sculelor din materiale dure și extradure
296 p., 25 lei, 1985, Ed. Tehnică

Donțu, O.
Tehnologii de prelucrare cu laseri
208 p., 15,50 lei, 1985, Ed. Tehnică

Samoilă, C., ș.a.
Tehnologii și utilaje moderne de încălzire în metalurgie
432 p., 40 lei, 1986, Ed. Tehnică

Sălăgean Tr.
Tehnologia sudării metalelor cu arcul electric
168 p., 9,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Berinde, V.
Recuperarea, recondiționarea și refolosirea pieselor
Seria „*Tehnica la zi*"
108 p., 7 lei, 1986, Ed. Tehnică

Marinescu, N. I.
Prelucrări cu ultrasunete
Seria „*Tehnica la zi*"
120 p., 6,25 lei, 1986, Ed. Tehnică

Rădoi, M. ș.a.
Recondiționarea pieselor
392 p., 28 lei, 1986, Ed. Tehnică

Mihail Al. Teodorescu (coord.)
Prelucrări prin deformare plastică la rece
328 p., 33 lei, 1987, Ed. Tehnică

II. Calitate, fiabilitate, control, toleranțe, ajustaje, calibre

Militaru, C.
Fiabilitatea și precizia în tehnologia construcțiilor de mașini
332 p., 35 lei, 1986, Ed. Tehnică

Spineanu, U.
Automatizarea controlului dimensiunilor în construcția de mașini
432 p., 38 lei, 1987, Ed. Tehnică

Mocanu, D. R. (coord.)
Încercarea materialelor
Vol. I. Încercări distructive ale metalelor 416 p., 48 lei, 1982, Ed. Tehnică
Vol. II. Încercări distructive ale elementelor metalice și alte materialelor nemetalice, 496 p., 1982, Ed. Tehnică
Vol. III. Controlul nedistructiv al metalelor, 648 p., 66 lei, 1986, Ed. Tehnică

Sămărescu, D. F., Dună, I.
Defectoscopie electromagnetică
238 p., 15,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Pavel, A. (coord.)
Siguranța în funcționarea utilajelor petrochimice
Vol. I și II, 276 și 372 p., Ed. Tehnică

III. Mașini și utilaje, calcul, construcție, caracteristici, reglare, întreținere și reparare

Gafițanu, M. ș.a.
Rulmenți. Proiectare și tehnologie
Vol. I, 334 p., 38 lei, 1985, Ed. Tehnică
Vol. II, 392 p., 44 lei, 1985, Ed. Tehnică

Mihăilescu, Șt. ș.a.
Mașini de construcție
Vol. I, 328 p., 35 lei, 1984, Ed. Tehnică
Vol. II, 528 p., 50 lei, 1985, Ed. Tehnică
Vol. III, 242 p., 28 lei, 1986, Ed. Tehnică

Peligrad, N.
Cuplaje hidraulice și convertizoare hidraulice de cuplu
255 p., 126 lei, 1985, Ed. Tehnică

Groza, Al. ș.a.
Metode și lucrări practice pentru repararea automobilelor
352 p., 24 lei, 1985, Ed. Tehnică

Maier, V.
Mecanica și construcția navei
Vol. I. Statica navei, 380 p., 33 lei, 1985, Ed. Tehnică
Vol. II. Dinamica navei, 480 p., 42 lei, 1987, Ed. Tehnică

Budaghianț, N. A., Karschi, V. E.
Cilindrii de laminor turnați (trad. din lb. rusă)
244 p., 13,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Scanned with OKEN Scanner

Grosu, M. ş.a.
Intreţinerea şi repararea utilajelor siderurgice
464 p., 36 lei, 1986, Ed. Tehnică

Stanciu, Şt. ş.a.
Sisteme hidrostatice portante
374 p., 37 lei, 1986, Ed. Tehnică

Nica, Al. ş.a.
Bazele fabricaţiei navelor aerospaţiale
336 p., 30 lei, 1986, Ed. Tehnică

Frăţilă, Gh., Mărculescu, Gh.
Sistemele de frînare ale automobilelor
320 p., 42 lei, 1986, Ed. Tehnică

Cazimirovici, E., Samoilescu, S.
Calibrarea cilindrilor de laminare
356 p., 22 lei, 1987, Ed. Tehnică

Turcoiu, T. ş.a.
Echipamente de injecţie pentru motoare cu ardere internă
364 p., 28 lei, 1987, Ed. Tehnică

Ţurcanu, C., Ganea, N.
Pompe volumice pentru lichide
288 p., 32 lei, 1987, Ed. Tehnică

Canţă, Tr.
Autoturismele OLTCIT
432 p., 45 lei, 1987, Editura Tehnică

Marin, V., Alexandru, M.
Sisteme hidraulice automate. Construcţie, reglare, exploatare
272 p., 26 lei, 1987, Ed. Tehnică

Ispaş, Şt.
Materiale compozite
272 p., 21 lei, 1987, Ed. Tehnică

IV. Materiale, economii de materiale şi manoperă, norme tehnice de timp şi de consumuri specifice

Creşterea economiei şi economisirea resurselor materiale în industrie
216 p., 11 lei, 1985, Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică

Ciocirdia, C. ş.a.
Aliaje dure sinterizate din carburi metalice
320 p., 31 lei, 1985, Ed. Tehnică

Geru, N. ş.a.
Materiale metalice. Structură, proprietăţi utilizări
394 p., 42 lei, 1985, Ed. Tehnică

Vlase, A. ş.a.
Regimuri de aşchiere, adaosuri de prelucrare şi norme tehnice de timp
Vol. I, 400 p., 31 lei, 1984, Ed. Tehnică
Vol. II, 423 p., 28 lei, 1985, Ed. Tehnică

Drimer, D., Demetrescu, I.
Fibre de carbon
Seria „*Tehnica la zi*"
144 p., 10 lei, 1986, Ed. Tehnică

Sterian, C. ş.a.
Economia de cocs la elaborarea fontelor în cubilou
302 p., 15 lei, 1986, Ed. Tehnică

Scanned with OKEN Scanner

Vlad, S. B., Guț, T.
Arseniul, Stibiul, Bismutul
Seria „*Substanțe minerale utile*"
190 p., 11,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Ispas, Șt.
Materiale compozite
272 p., 21 lei, 1987, Ed. Tehnică

Sofroni, L. ș.a.
Fonte albe rezistente la uzură
264 p., 18 lei, 1987, Ed. Tehnică

VI. Mecanică fină. Micromecanică

Demian, Tr. ș.a.
Bazele proiectării aparatelor de mecanică fină
Vol. I, 432 p., 46 lei, 1984, Ed. Tehnică
Vol. II, 492 p., 50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Diaconescu, Gh. (coord.)
Tehnologia mecanicii fine și micromecanicii. Vol. I.
336 p., 33 lei, 1985, Ed. Tehnică

Micu, C. (coord.)
Tehnologia mecanicii fine și microtehnicii, Vol. II
352 p., 39 lei, 1985, Ed. Tehnică

V. Mecanizare, automatizare, robotizare

Drimer, D. ș.a.
Roboți industriali și manipulatoare
336 p., 40 lei, 1985, Ed. Tehnică

Davidoviciu, A. ș.a.
Modelarea, simularea și comanda manipulatoarelor și roboților industriali
Seria „*Proiectarea construcțiilor de mașini*"
256 p., 22,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Mereț, N.
Roboți industriali și aplicațiile lor
124 p., 4,50 lei, 1985, Ed. Științifică și Enciclopedică

Dudiță, F., Diaconescu, D.
Optimizarea structurală a mecanismelor
312 p., 38 lei, 1987, Ed. Tehnică

VII. Scule, dispozitive, matrițe, accesorii pentru mașini-unelte și roboți industriali

Tache, V. ș.a.
Elemente de proiectare a dispozitivelor pentru mașini-unelte
Seria „*Tehnologia construcțiilor de mașini*"
304 p., 34 lei, 1985, Ed. Tehnică

Dorin, Al. ș.a.
Sisteme de scule pentru mașini-unelte cu comandă numerică
384 p., 19,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Scanned with OKEN Scanner

Sauer, L.
Scule cu tăişuri multiple
„Colecția de atelier"
184 p., 9,50 lei, 1986, Ed. Tehnică

Minciu, C.
Proiectarea şi tehnologia sculelor pentru danturare
364 p., 33 lei, 1986, Ed. Tehnică

VIII. Calificarea, ridicarea calificării şi policalificarea profesională

Răducu, V. ş.a.
Îndrumător pentru ridicarea calificării lăcătuşilor din construcţiile de maşini
„Colecția de atelier"
Vol. 1 şi 2, 256+144 p., 20 lei, 1985, Ed. Tehnică

Pridvornic, M., Tănase, S.
Îndrumător tehnologic al muncitorilor forjori
392 p., 22 lei, 1986, Ed. Tehnică

Gerbert, Fr., Caisân, V.
Îndrumător pentru ridicarea calificării strungarilor
Vol. I şi II, 277+284 p., 28 lei, 1986, Ed. Tehnică

Domşa, S., Miron, Z.
Îndrumător pentru utilizarea fontelor, oțelurilor şi aliajelor neferoase
„Colecția de atelier"
287 p., 13 lei, 1985, Ed. Tehnică

Popescu, N., Vităneseu, C.
Termiştii şi calitatea pieselor tratate termic. (Ed. a doua)
278 p., 9 lei, 1985, Ed. Tehnică

Aelenei, M., Gheghea, I.
Probleme de maşini-unelte şi aşchiere Ed. a treia.
„Colecția de atelier"
Vol. I, 236 p., Vol. 2, 224 p., total 22,50 lei, 1985, Ed. Tehnică

Conecini, I. ş.a.
Cartea electricianului din stațiile electrice şi posturi de transformare
612 p., 35 lei, 1986, Ed. Tehnică

Cazimirovici, E. ş.a.
Cartea laminoristului
272 p., 22,50 lei, 1987, Ed. Tehnică

Georgescu, Al. ş.a.
Îndrumar pentru utilizarea unsorilor în industrie
144 p., 11,50 lei, 1987. Ed. Tehnică.

Scanned with OKEN Scanner

Tehnoredactor: MARIA TRĂSNEA
Coperta: SIMONA DUMITRESCU

Bun de tipar: 15.10.1987.
Coli de tipar: 17,5
C.Z.: 621.7+9 : 62—1 : 66

Tiparul executat sub cda. nr. 241/1987,
la Întreprinderea Poligrafică „Crișana", Oradea,
str. Leontin Sălăjan nr. 105.
Republica Socialistă România

TCMM

Seria de lucrări TCMM, cu caracter de instruire, informare, documentare pentru un cerc larg de lucrători în principalele ramuri industriale ale economiei naționale, va fi editată anual în 3–4 volume cu circa 350 pagini fiecare, avînd prețul antecalculat de ≈ 30 lei/volum.

În anul 1987 apar două volume, în care sînt abordate tematici din mari domenii:

- concepte și strategii în promovarea progresului tehnologic;
- modernizarea tehnologiilor și produselor;
- calitate, fiabilitate, mentenabilitate;
- mașini, utilaje, echipamente, aparatură, SDV-uri;
- tehnologii moderne și de mare eficiență economică;
- interdisciplinaritate, note tehnico-documentare.

La această publicație se poate asigura rezervarea anticipată a unor volume fără avansarea prealabilă de fonduri bănești. Pentru aceasta trebuie să trimiteți din timp comenzile dv. cu caracter ferm (cu indicarea adresei exacte – pentru cititori, respectiv, contului de virament – pentru instituții) Centrelor de librării, județene sau orășenești, din raza teritoriului în care activați. Plata se face prin rambursare la primirea exemplarelor comandate.

EDITURA TEHNICĂ

2

Serie continuă de **studii** *și* **cercetări aplicative, sinteze documentare, actualități** și **materiale informative** *consacrate* **progresului tehnic contemporan** *din domeniile ingineriei tehnologice, promovării noilor tehnologii, calității produselor, materialelor, mașinilor, utilajelor, echipamentelor, aparaturii și SDV-urilor.*

Lei 26

Scanned with OKEN Scanner